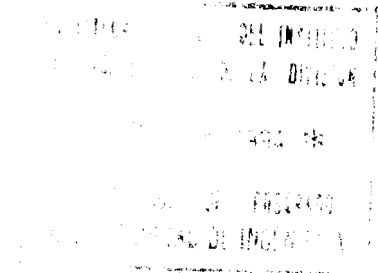


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

SECCION DE ESTRUCTURAS



TRABAJO DE INVESTIGACION I

**COMPORTAMIENTO DE MODELOS DE EDIFICIOS
EN TORSION**

ASESOR : DR. GUSTAVO AYALA MILIAN

ALUMNO : OCTAVIO GARCIA DOMINGUEZ

ABRIL DE 1991

COMPORTAMIENTO DE MODELOS
DE EDIFICIOS EN TORSIÓN.

- 1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES
- 2.- ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA DE TORSIÓN
- 3.- ESTUDIO DEL MODELO ESTRUCTURAL
- 4.- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

UNO DE LOS EFECTOS MAS DESFAVORABLES EN EDIFICIOS DURANTE UN SISMO, ES EL DEBIDO A LA TORSION, EL CUAL SE PRODUCE POR ASIMETRIA EN MASAS RIGIDECES Y/O RESISTENCIAS, QUE PUEDEN OCASIONAR GRANDES EXCENTRICIDADES ENTRE LA FUERZA SISMICA Y LA FUERZA RESISTENTE. LO ANTERIOR SE PUDO CONSTATAR DURANTE EL SISMO DE MEXICO 1985, DONDE UN ALTO PORCENTAJE DE DAÑO EN ESTRUCTURAS FUE DEBIDO A ELLO.

SE HAN REVISADO CALCULOS ESTRUCTURALES DE ALGUNOS EDIFICIOS QUE RESULTARON CON PROBLEMAS O QUE FALLARON DEBIDO A TORSION, Y APARENTEMENTE ESTOS SE DISEÑARON SIGUIENDO NORMAS QUE CONSIDERAN EXPLICITAMENTE LAS EXCENTRICIDADES DE DISEÑO, PERO CABE RECORDAR QUE ESTAS NORMAS, AL IGUAL QUE OTRAS EN DIVERSOS PAISES, SE BASAN EN RESULTADOS DE INVESTIGACIONES CON MODELOS ELASTICOS LINEALES. LO ANTERIOR ES CONTRAPRODUCTIVO A LA FILOSOFIA QUE EN ESTOS MISMOS REGLAMENTOS SE ESTABLECE, ES DECIR, QUE SE ACEPTA FORMALMENTE DIFERENTES NIVELES DE DAÑO ESTRUCTURAL, OCASIONADO POR INCURSIONES EN EL RANGO NO LINEAL DE COMPORTAMIENTO ANTE SISMOS INTENSOS Y EN GENERAL EL COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE UNA ESTRUCTURA, DEPENDE DE OTROS PARAMETROS ADICIONALES A LOS QUE GOBIERNAN EL COMPORTAMIENTO LINEAL DE LA MISMA.

ADENÁS DE LAS FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN TORSIONAL Y TRASLACIONAL, LA EXCENTRICIDAD ESTRUCTURAL, LA RELACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO, EN EL RANGO NO LINEAL, LA RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA ESTA FUERTEMENTE AFECTADA POR LA DISTRIBUCIÓN DE RIGIDEZES Y RESISTENCIAS DE ELEMENTOS.

DIVERSOS INVESTIGADORES HAN HECHO ESTUDIOS CON MODELOS SIMPLIFICADOS, COMO LOS QUE AQUÍ SE PRESENTAN, SIN EMBARGO NO SE HA PODIDO ESTABLECER TODAVIA UN COMPORTAMIENTO BIEN DEFINIDO, POR LO CUAL HACE FALTA TRABAJAR MAS SOBRE ESTE PROBLEMA, PARA EN UN FUTURO NO MUY LEJANO ESTABLECER UNA TENDENCIA MAS CLARA.

EN BASE A ESTO ÚLTIMO, SE HA TRATADO DE HACER INVESTIGACIONES CON MODELOS DE EDIFICIOS CUYO ANÁLISIS SE REALIZA EN EL RANGO NO LINEAL, COMPARANDO LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS QUE SE PRODUCIRÍAN DE APLICAR EL RDP-87, POR SUPUESTO ANALIZANDO TAMBIÉN INELÁSTICAMENTE.

PARA LLEVAR A CABO LO ANTERIOR, SE HA PROPUUESTO DOS CRITERIOS ADICIONALES A LA DISTRIBUCIÓN DE FUERZA SÍSMICA POR TORSIÓN QUE HACE EL REGLAMENTO. CABE ACLARAR QUE LOS MODELOS UTILIZADOS SON EDIFICIOS DE UN NIVEL Y CON SIMETRÍA EN LA DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS RESISTENTES. LA SIMPLICIDAD DEL MODELO ES OBLIGADA YA QUE NO EXISTEN ESTUDIOS MAS AVANZADOS QUE APORTEN ESE PATRÓN DE COMPORTAMIENTO BUSCADO. EN LA MEDIDA DEL AVANCE DE ESTOS ESTUDIOS SE TENDRÁN MODELOS MAS ELABORADOS, LO CUAL SERÍA ÓPTIMO.

ASPECTOS GENERALES DEL PROBLEMA DE LA TORSIÓN

EN ESTE PUNTO SE TRATA DE EXPLICAR LOS CON-
CEPTOS EN QUE SE FUNDAMENTA EL EFECTO DE LA TORSIÓN
SISMICA.

LA EXCENTRICIDAD ESTÁTICA A LA CUAL SE REFIE-
RE EL REGLAMENTO, ES LA DISTANCIA QUE HAY ENTRE
LA FUERZA SISMICA QUE PASA POR EL CENTRO DE COR-
TANTE Y EL CENTRO DE TORSIÓN DE CADA ENTREPISO.
PARA EL CASO DE EDIFICIOS DE UN NIVEL, EL CENTRO
DE CORTANTE, COINCIDE CON EL CENTRO DE MASA Y A -
SU VEZ ESTOS PUNTOS DE ENTREPISO, COINCIDEN CON SU
POSICIÓN EN EL NIVEL. LO ANTERIOR ES CONVENIENTE -
RECORDARLO, YA QUE A EXCEPCIÓN DE EDIFICIOS DE UN
NIVEL, EL REGLAMENTO ESTABLECE QUE TANTO EL CEN-
TRO DE TORSIÓN, COMO EL CENTRO DE CORTANTE DEBEN
SER DE ENTREPISO.

COMO ES SABIDO, CUANDO NO EXISTE TORSIÓN EN
LOS ENTREPISOS DE UN EDIFICIO ANTE FUERZA SISMICA,
ESTE SOLO PRESENTA DESPLAZAMIENTOS DE TRASLA-
CIÓN, ES DECIR SOLO SE MOVERÁ EN DIRECCIÓN PARALE-
LA A LA EXCITACIÓN; MAS CUANDO NO ES ASI, EL -
DESPLAZAMIENTO QUE SUFRE LA ESTRUCTURA, ES DEBI-
DO A LA ACCIÓN DE LA FUERZA DIRECTA DEL SISMO
MAS UN MOMENTO TORSIONANTE, QUE EN ALGUNOS ELE-
MENTOS PUEDE OCASIONAR CONDICIONES SEVERAS -
CUANDO LA EXCENTRICIDAD ES GRANDE (GRAN ASI-
METRIA EN LA ESTRUCTURA).

EL EFECTO DE TORSIÓN TRAE CONSIGO QUE LAS FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN TRASLACIONAL Y ROTACIONAL SE ACOPLEN. ESTE FENOMENO SE INCLUYE AL HACER EL ANALISIS TRIDIMENSIONAL DONDE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA ES GENERAL.

POR OTRA PARTE, EL REGLAMENTO RDF-87, PERMITE HACER EL ANALISIS DE EDIFICIOS, CONSIDERANDO UNICAMENTE TRASLACION DE NIVELES, TOMANDO LUEGO LOS EFECTOS DE TORSIÓN, CUYO MOMENTO ACTUANTE SE OBTIENE DE MULTIPLICAR LA FUERZA SISMICA POR LA EXCENTRICIDAD DE DISEÑO, TOMANDO PARA CADA ELEMENTO, LA CONDICIÓN MAS DESFAVORABLE.

LA EXCENTRICIDAD DE DISEÑO ESTÁ FORMADA POR ALGUNOS FACTORES QUE MODIFICAN A LA EXCENTRICIDAD ESTRUCTURAL. LA FORMA QUE ADOPTAN ESTAS EXPRESIONES ES COMÚN EN DIVERSOS CÓDIGOS DE DISEÑO SISMICO. Y EN ELLAS SE TRATA DE INCLUIR TANTO LA INCERTIDUMBRE POR EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL, COMO LA AMPLIFICACIÓN QUE SE PUEDA PRODUCIR POR EL ACOPLAMIENTO TORSIONAL.

SE HAN ESTABLECIDO ASI, DOS EXPRESIONES:

$$\begin{cases} e d_1 = \text{FACTOR 1} * e_s + k b \\ e d_2 = \text{FACTOR 2} * e_s - k b \end{cases}$$

DONDE :

- e_s = EXCENTRICIDAD ESTRUCTURAL DE ENTREPISO
- b = MÁXIMA DIMENSIÓN EN PLANTA DEL EDIFICIO, PERPENDICULAR A LA DIRECCIÓN DEL SISMO.

5

FACTOR 1 \equiv COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN DINÁMICA
FACTOR 2

$K_D \equiv$ EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

EN LA SIGUIENTE TABLA, SE PUEDEN VER LOS COEFICIENTES USADOS EN LAS ECUACIONES DE EXCENTRICIDAD DE DISEÑO PARA DIVERSOS CÓDIGOS DE DISEÑO SISMICO.

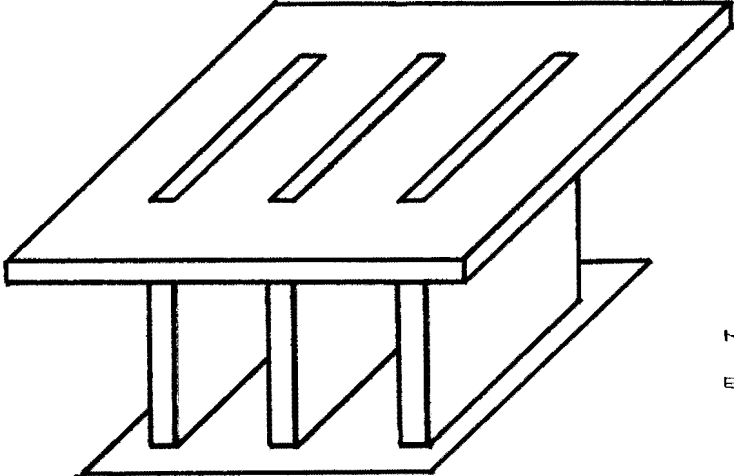
REGLAMENTO	FACTOR 1	FACTOR 2	K
MEXICO	1.5	1.0	0.10
CEB	0.5	0.0	0.05
CANADA	1.5	0.5	0.05
ATC	1.0	0.0	0.05

COMO SE OBSERVA, EXISTEN DIVERSOS CRITERIOS PARA TOMAR LA EXCENTRICIDAD Y SOBRE TODO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LA F2A CORTANTE POR TORSIÓN. EN LO QUE RESPECTA A ESTO ÚLTIMO, SIEMPRE UNOS REGLAMENTOS, RESTAN AL CORTANTE DIRECTO UN PORCENTAJE DEL CORTANTE POR TORSIÓN (CASO DE MEXICO), OTROS (COMO EL CEB) SOLO CONSIDERAN EL INCREMENTO EN LOS ELEMENTOS POR TORSIÓN POSITIVA, SIEMPRE QUE EN LOS ELEMENTOS POR TORSIÓN NEGATIVA LOS DEJAN SOLO CON EL CORTANTE DIRECTO SIN RESTAR ABSOLUTAMENTE NADA, PENSANDO QUIZAS QUE NO HAY ESTUDIOS CONVINCENTES QUE AVALEN QUE PORCENTAJE DE F2A CORTANTE TORSIONAL, ES CONVENIENTE RESTAR.

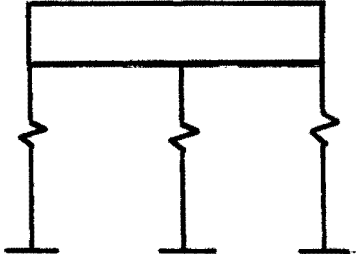
LA PRÁCTICA DE ESTA ÚLTIMA FILOSOFÍA, DE -
NO QUITAR EL CORTANTE POR TORSIÓN NEGATIVO, INTRO-
DUCE ELEMENTOS MAS FUERTES, MAS ESTE FACTOR ES
DISCUTIBLE, YA QUE NO NECESARIAMENTE UNA ESTRUCTU-
RA FUERTE, TIENE UN MEJOR COMPORTAMIENTO SIS-
MICO.

ESTUDIO DEL MODELO ESTRUCTURAL

EL MODELO ESTRUCTURAL EMPLEADO PARA ESTA INVESTIGACIÓN, ES UN EDIFICIO DE UN NIVEL CON ELEMENTOS PARALELOS A LA DIRECCIÓN DEL SISMO, DISTRIBUIDOS EN FORMA SIMÉTRICA, EUROTRACADOS EN SU BASE Y UNIDOS POR UN DIAFRAGMA INFINITAMENTE RÍGIDO. LA LEY DE CARGA-DEFORMACIÓN DE DICHS ELEMENTOS RESISTENTES, ES BILINEAL HISTERÉTICA ESTABLE, CON UNA PENDIENTE EN LA 2ª RAMA DE 1% EL VALOR DE LA PENDIENTE INICIAL. NO SE CONSIDERÓ DEGRADACIÓN DE LOS MODELOS HISTERÉTICOS, NI AMORTIGUAMIENTO VISCOZO.



MODELO ESTRUCTURAL



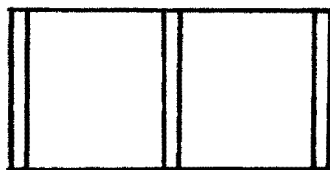
MODELO MATEMÁTICO

EN LO QUE RESPECTA A LA EXCITACIÓN SISMICA, SE UTILIZÓ EL ACELEROGRAMA DEL SISMO DEL 85 SCT E-W, CON INTERVALOS DE 0.02 SEGUNDOS.

COMO PODRÁ NOTARSE, EL MODELO ES UN SISTEMA DE 2 GRADOS DE LIBERTAD CON TRASLACIÓN Y GIRO DEL CU.

PARA LA DISTRIBUCIÓN DE RIGIDEZES EN LOS ELEMENTOS, SE UTILIZÓ UN CRITERIO PROPUESTO, PENSANDO EN QUE PUDIERA SER LO MÁS CERCANO A LA REALIDAD, YA QUE EXISTE UN NÚMERO INFINITO DE COMBINACIONES PARA ESTAS DISTRIBUCIONES. EN NUESTRO MODELO SE DECIDIÓ PROPORCIONAR EL 75% DE LA RIGIDEZ TOTAL DE LA ESTRUCTURA, A LOS ELEMENTOS EXTREMOS, Y EL 25% RESTANTE AL ELEMENTO CENTRAL, ESTA DISTRIBUCIÓN DE RIGIDEZ ES COMÚN YA QUE UN NÚMERO GRANDE DE EDIFICIOS, PRESENTAN SU MAYOR RIGIDEZ EN LA PERIFERIA.

ASI, LAS ECUACIONES QUE SE PRESENTAN A CONTINUACIÓN, NOS PROPORCIONAN LAS RIGIDEZES DE LOS ELEMENTOS.



R_1 R_2 R_3

$$R_1 = \left\{ 0.375 + (25 - x_m) \right\} + F$$

$$R_2 = \left\{ 0.25 \right\} + F$$

$$R_3 = \left\{ 0.375 - (25 - x_m) \right\} + F$$

DOUDE :

$F \equiv$ FUERZA SÍSMICA

$e_s \equiv$ EXCENTRICIDAD ESTRUCTURAL

$x_m \equiv$ POSICIÓN DEL CENTRO DE MASA RESPECTO
AL CENTRO DEL DIAFRAGMA.

TAMBIÉN SE PRESENTAN EXPRESIONES PARA
CUALQUIER PORCENTAJE DE RIGIDEZ EN LOS ELEME-
NTO EXTREMOS, Y CUALQUIER NÚMERO DE ELLOS

$$R_1 = \left\{ \frac{R_E + x(\text{numel}) + e_s - x_m + \text{SUM}}{\Delta} \right\} + F$$

$$R_{\text{int}} = \left\{ \frac{0.25}{\text{numel} - 2} \right\} + F$$

$$R_{\text{numel}} = \left\{ \frac{x_m - e_s - \text{SUM} - R_E + x(1)}{\Delta} \right\} + F$$

DOUDE .

$\text{numel} \equiv$ NÚMERO TOTAL DE ELEMENTOS RESISTEN-
TES EN EL MODELO

$R_{\text{int}} \equiv$ RIGIDEZ DE UN ELEMENTO INTERMEDIO

$R_E \equiv$ % DEL TOTAL DE LA RIGIDEZ DE LA
ESTRUCTURA ASIGNADA A LOS ELEMENTOS
EXTREMOS

$$\Delta = x(\text{numel}) - x(1)$$
$$\text{SUM} = \sum_{i=2}^{\text{numel}-1} R_i x_i$$

ESTAS EXPRESIONES, SE UTILIZARÁN EN MODELOS QUE MAS ADELANTE SE ESPERA ESTUDIAR, YA SEA EN UNA O DOS DIRECCIONES (ELEMENTOS RESISTENTES). POR LO PRONTO SOLO NOS INTERESA EL MODELO PROPUESTO EN ESTE TRABAJO

PARA EL CALCULO DE LA FUERZA SISMICA, SE CONSIDERÓ QUE LA MASA DEL MODELO ERA UNITARIA

EN LO REFERENTE A e_s Y x_m , SE PROPUSO LO SIGUIENTE: SE HIZO VARIAR A e_s DE IZQUIERDA A DERECHA DEL CENTRO DEL DIAFRAGMA, CON VALORES MAXIMOS DE 0.30 Y DECREMENTOS DE 0.10 HASTA LLEGAR A CERO, PARA LUEGO INCREMENTARSE NUEVAMENTE HASTA 0.30. LOS PRIMEROS VALORES DE e_s DESDE 0.30 HASTA CERO (CENTRO DEL DIAFRAGMA), SE OCASIONARON POR MOVIMIENTO DEL CENTRO DE TORSIÓN, PERMANECIENDO EL CM EN EL ORIGEN. A ESTE TIPO DE EXCENTRICIDAD, SE LE DENOMINO "POR RIGIDEZES". PARA LA PARTE QUE e_s SE INCREMENTA DE 0 A 0.30, SE LOGRA CON MOVIMIENTO DEL CENTRO DE MASAS, PERMANECIENDO AHORA EL CENTRO DE TORSIÓN EN EL ORIGEN. A ESTE CASO DE EXCENTRICIDAD SE LE DENOMINO "POR MOVIMIENTO DEL CENTRO DE MASA"

CON OBJETO DE TENER UN PANORAMA MAS AMPLIO SOBRE LA RESPUESTA DEL MODELO ANTE LA INCERTIDUMBRE DE LA UBICACIÓN REAL DEL CM, SE PLANTEA OBTENER RESULTADOS, MOVIENDO EL CM A ± 0.10 Y -0.10 DE SU VALOR PROPUESTO, CON LO QUE SE INCREMENTA e_s PARA ALGUNOS CASOS, HASTA UN VALOR DE 0.40

TODAS LAS ANTERIORES CONSIDERACIONES ESTRUCT-

TURALES, FUERON ESTUDIADAS PARA PERIODOS DE 0.5, 1, y 1.5 SEG, ASI COMO RELACIONES DE PLANTA $h/b = 0.5, 1, 2$, CON UNA RELACION DE RESISTENCIA REAL A RESISTENCIA NOMINAL = 1.5

EN LO QUE RESPECTA A LOS CRITERIOS DE DISTRIBUCION DEL CORTANTE POR TORSION, SE ESTUDIARON 3 CASOS, QUE EN LO REFERENTE DENOMINAREMOS DISEÑOS. POR LO TANTO, CONOCIDAS LA FORMA DE LAS ECS. DE EXCENTRICIDAD DE DISEÑO, TENEMOS LA SIGUIENTE TABLA :

DISEÑO	FACTOR 1	FACTOR 2	K
1	1.5	1.0	0.1
2	1.25	0.75	0.1
3	1.0	0.50	0.1

EL DISEÑO 1 CORRESPONDE AL PROPUESTO POR EL RDF-87, Y CON EL CUAL SE VAN A COMPARAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS OTROS DOS DISEÑOS.

PARA OBTENER LA RESPUESTA NO LINEAL DE LOS MODELOS, SE UTILIZÓ EL PROGRAMA DRAIN, PARA ANALISIS BIDIMENSIONAL, PROGRAMA CUYO PRESTIGIO ES AMPLIAMENTE RECONOCIDO.

POR ULTIMO, ES IMPORTANTE COMENTAR EL EFECTO DE LA DISTRIBUCION DE RESISTENCIAS EN PLANTA Y COMO SE TRATO DE ESTUDIARLAS.

UNA ESTRUCTURA INCURSIONA EN EL RANGO NO LINEAL, CUANDO ALGUNO Ó ALGUNOS DE SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ALCANZAN SU RESISTENCIA DE FLUENCIA, POR LO TANTO SI VARIAMOS SU RESISTENCIA SIN MODIFICAR LOS DEMÁS PARÁMETROS DE LA ESTRUCTURA LA FLUENCIA SE INICIARÁ EN OTROS ELEMENTOS Y SU RESPUESTA SERÁ DISTINTA. SE DEMUESTRA TAMBIÉN, QUE UNA ESTRUCTURA SIMÉTRICA EN MASAS Y RIGIDECES, TIENE EFECTOS DE TORSIÓN AL INCURSIONAR EN EL RANGO NO LINEAL, DEBIDO A UNA DISTRIBUCIÓN ASIMÉTRICA DE RESISTENCIAS.

COMO NOS HEVOS DADO CUENTA, LA DISTRIBUCIÓN DE RESISTENCIAS, ES UN PARÁMETRO DETERMINANTE EN EL COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE UNA ESTRUCTURA, POR LO CUAL SE ESTUDIA EL EFECTO DE SU VARIACIÓN EN LA RESPUESTA DEL MODELO.

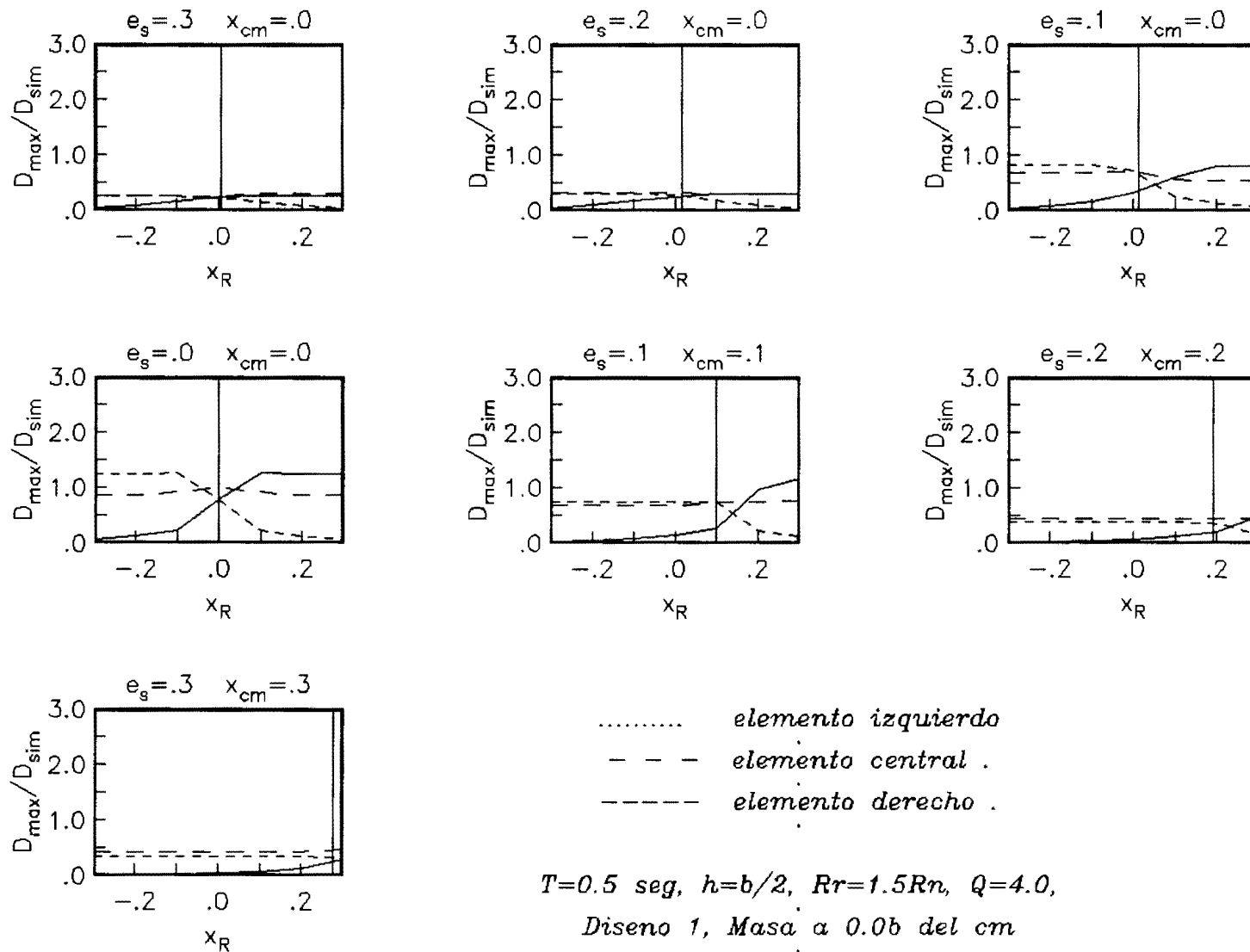


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

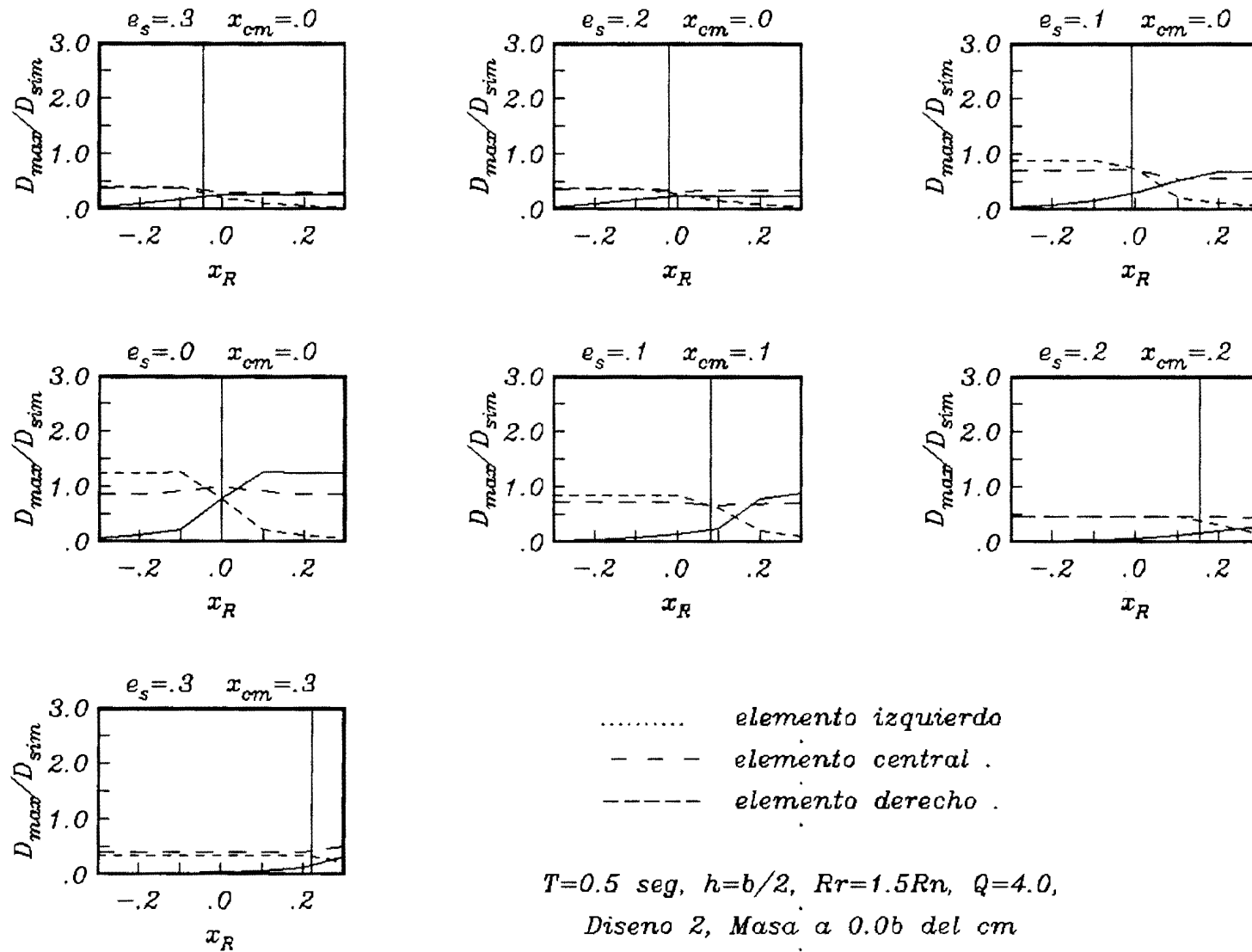


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

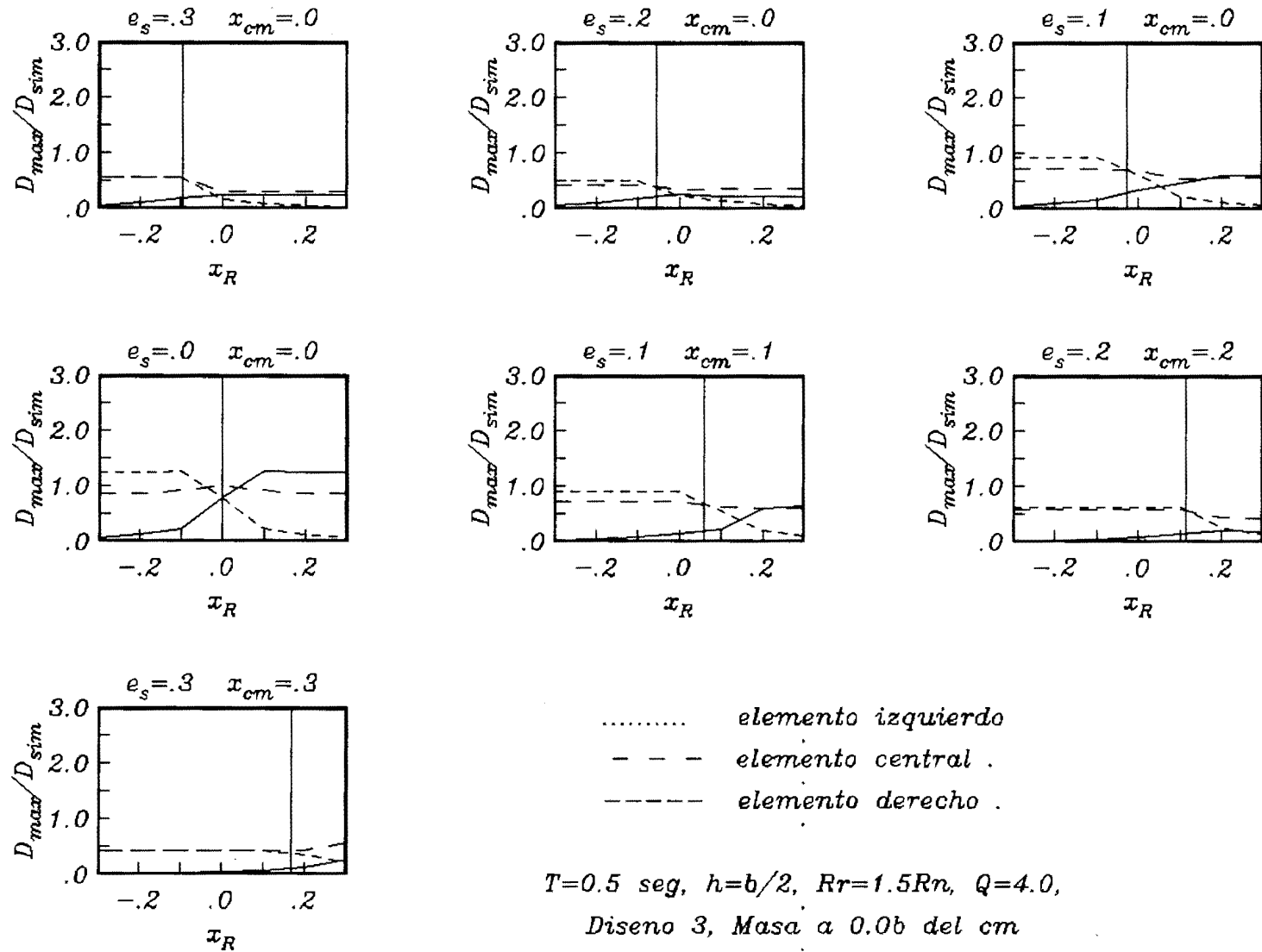


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

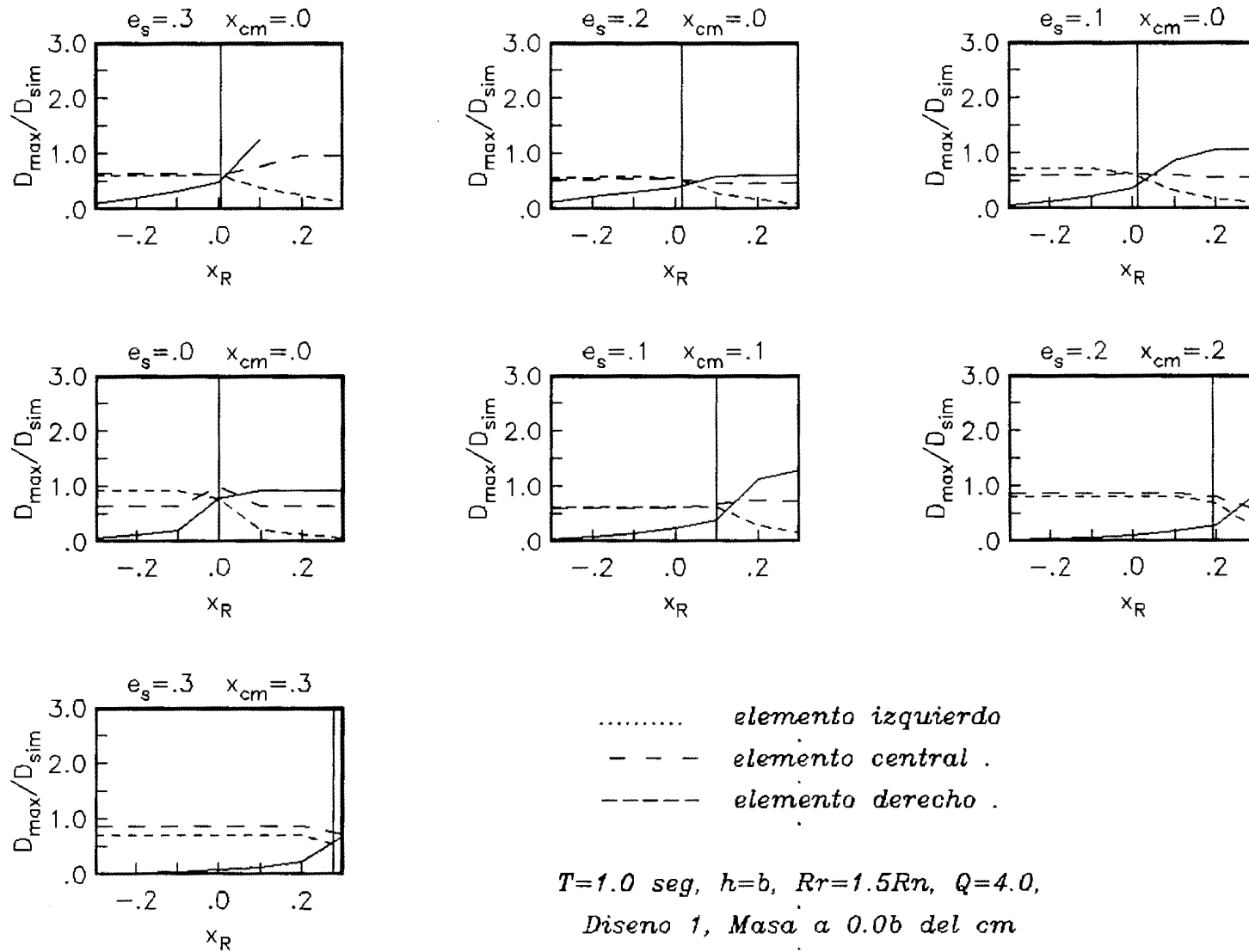


Figura . Relación de Ductilidades Máximas vs. Distribución de Resistencias

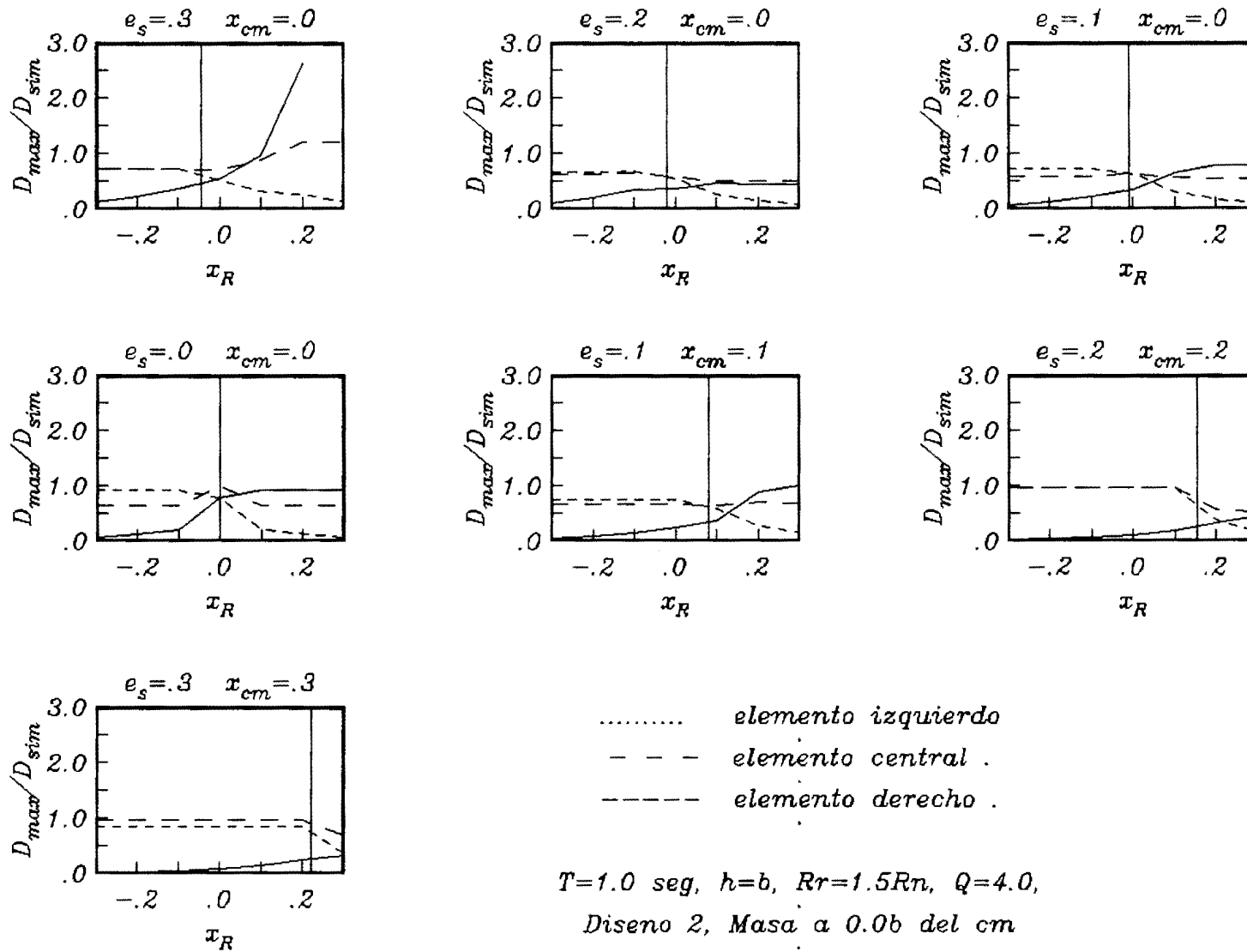


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

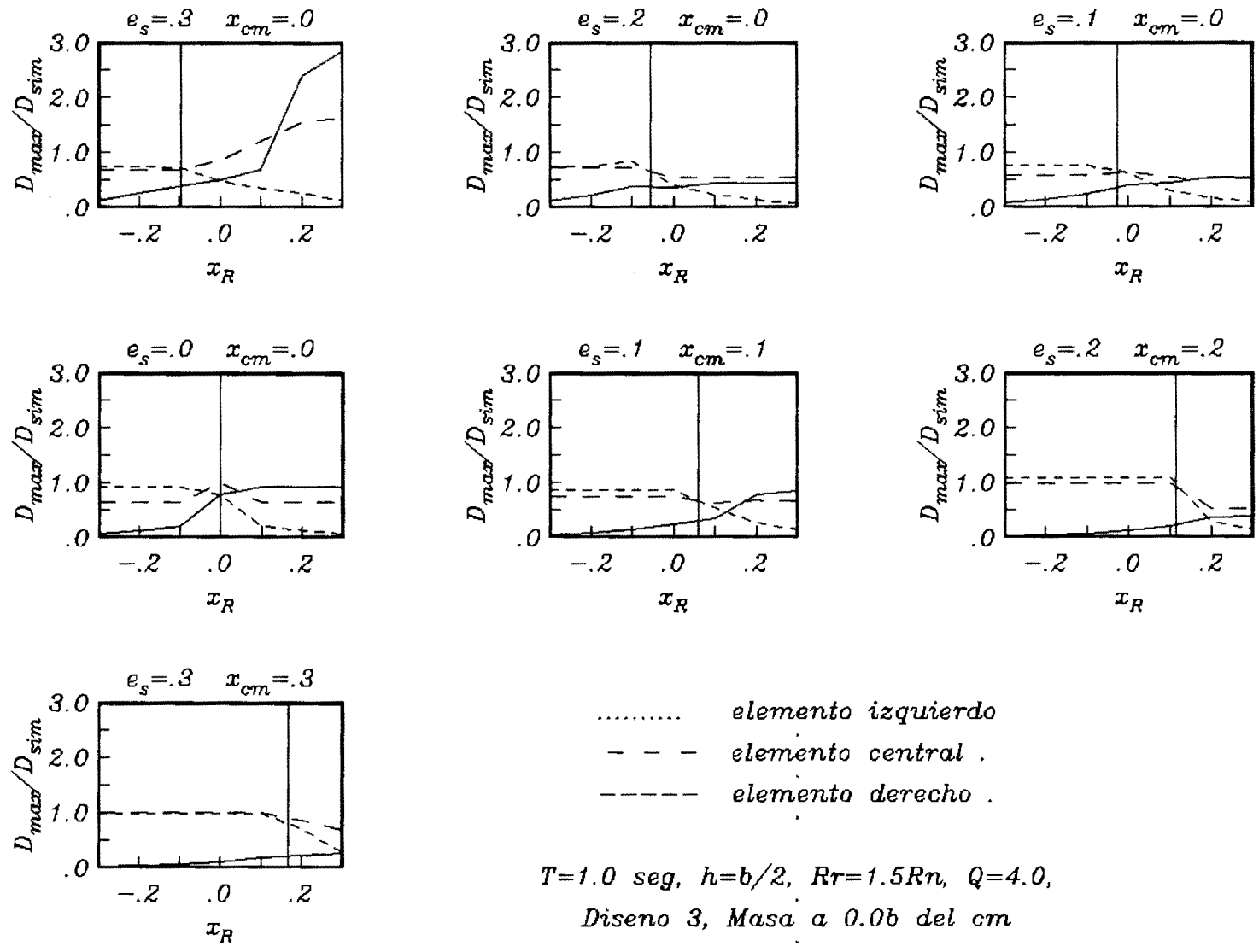


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

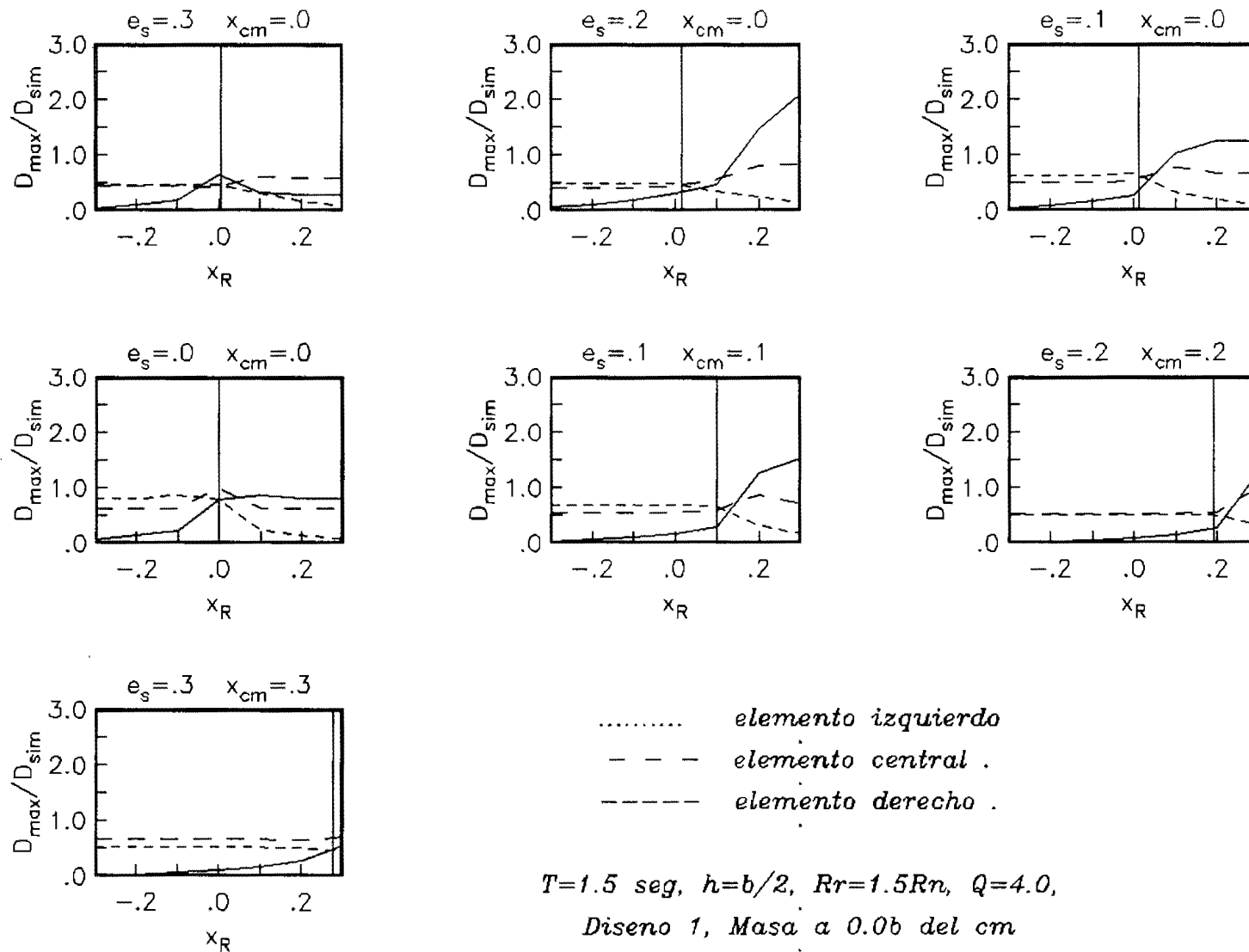


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

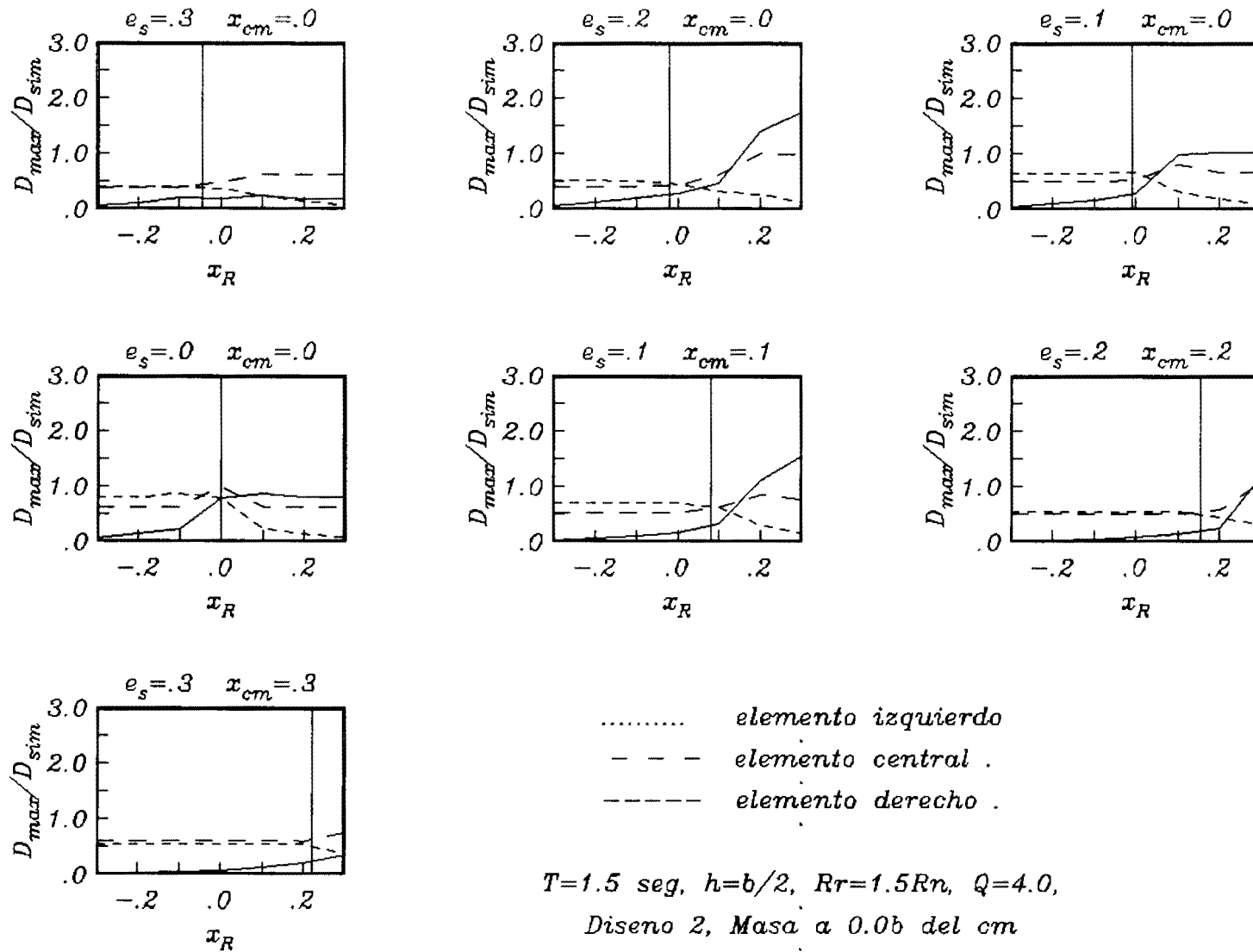


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

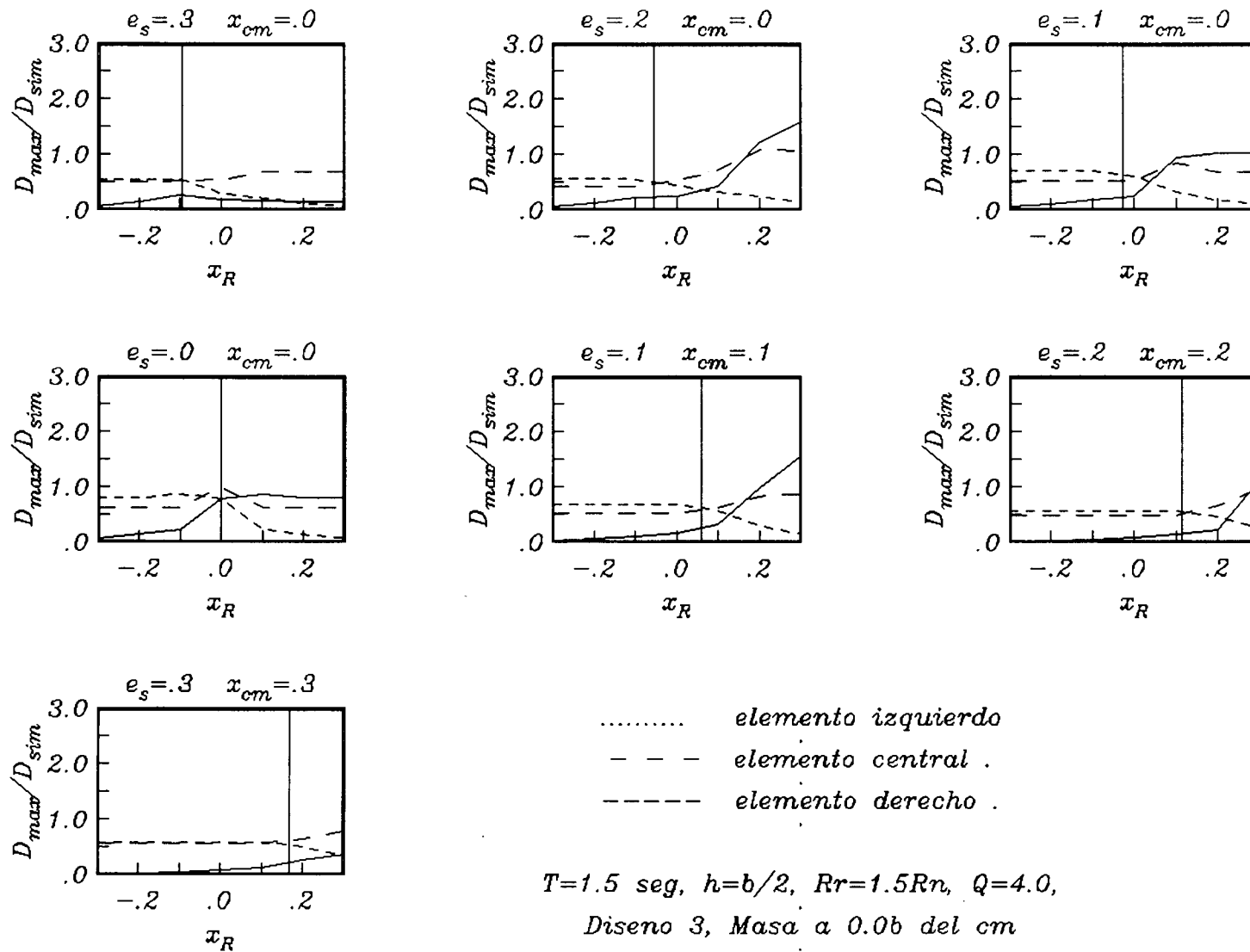


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

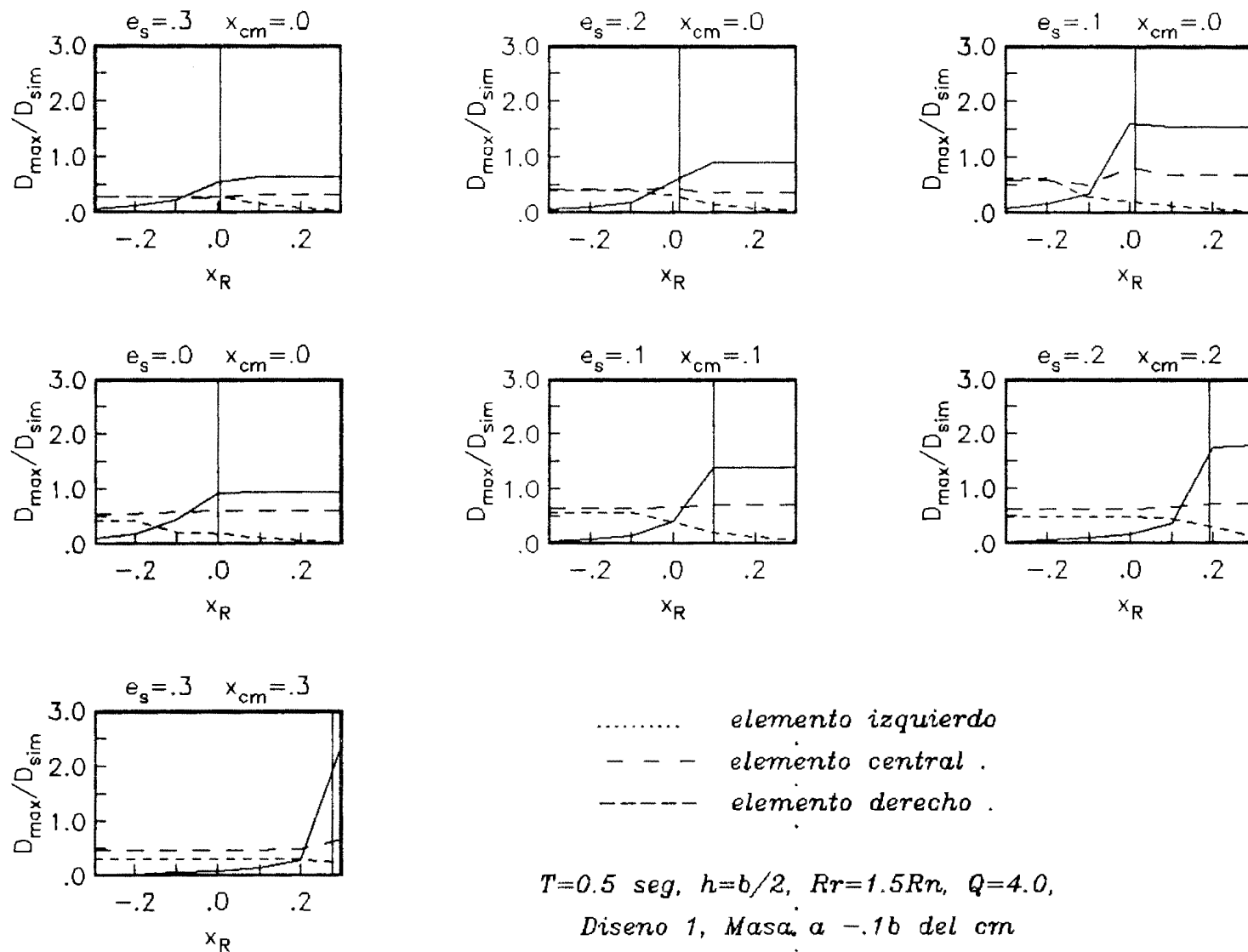


Figura . Relación de Ductilidades Máximas vs. Distribución de Resistencias

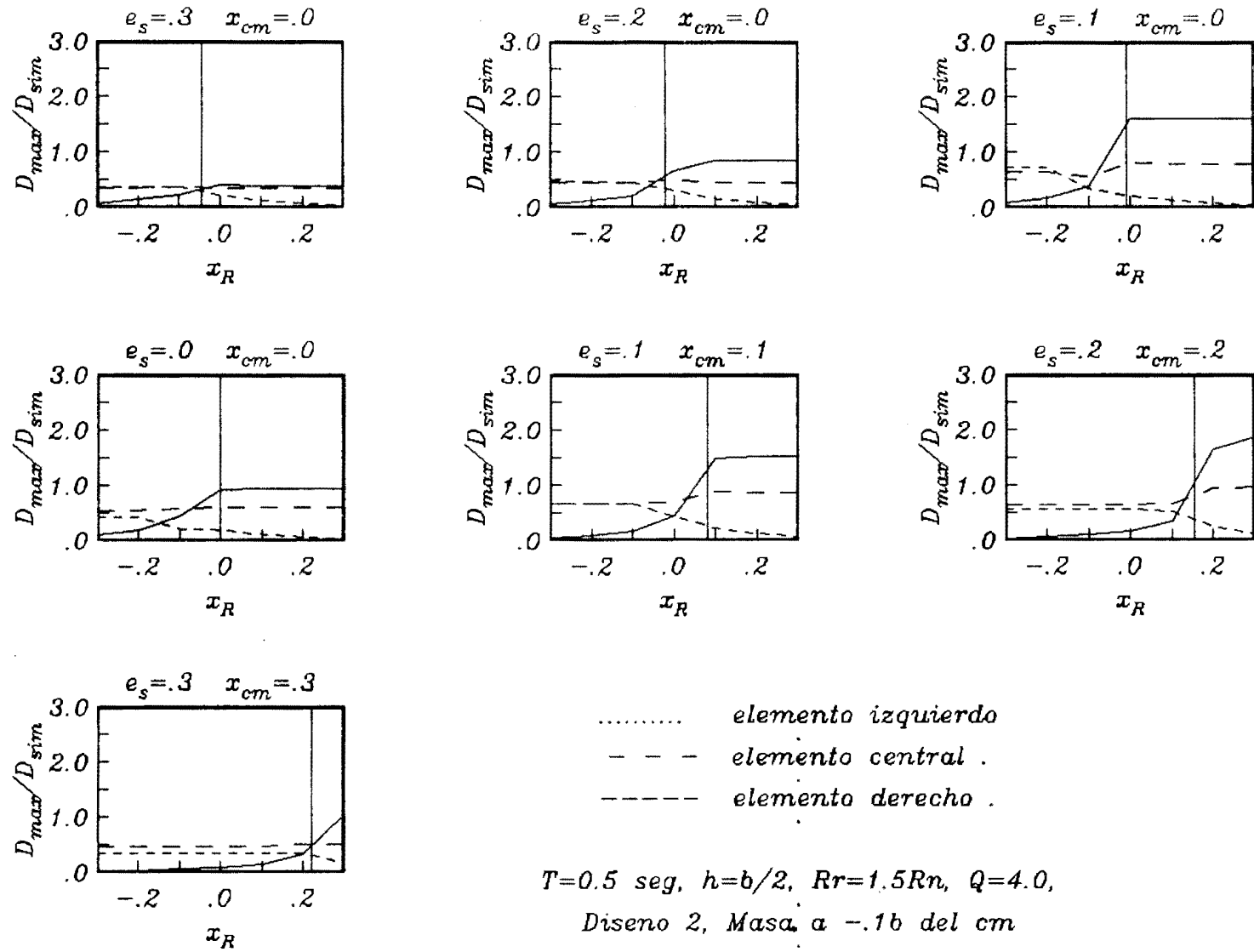


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

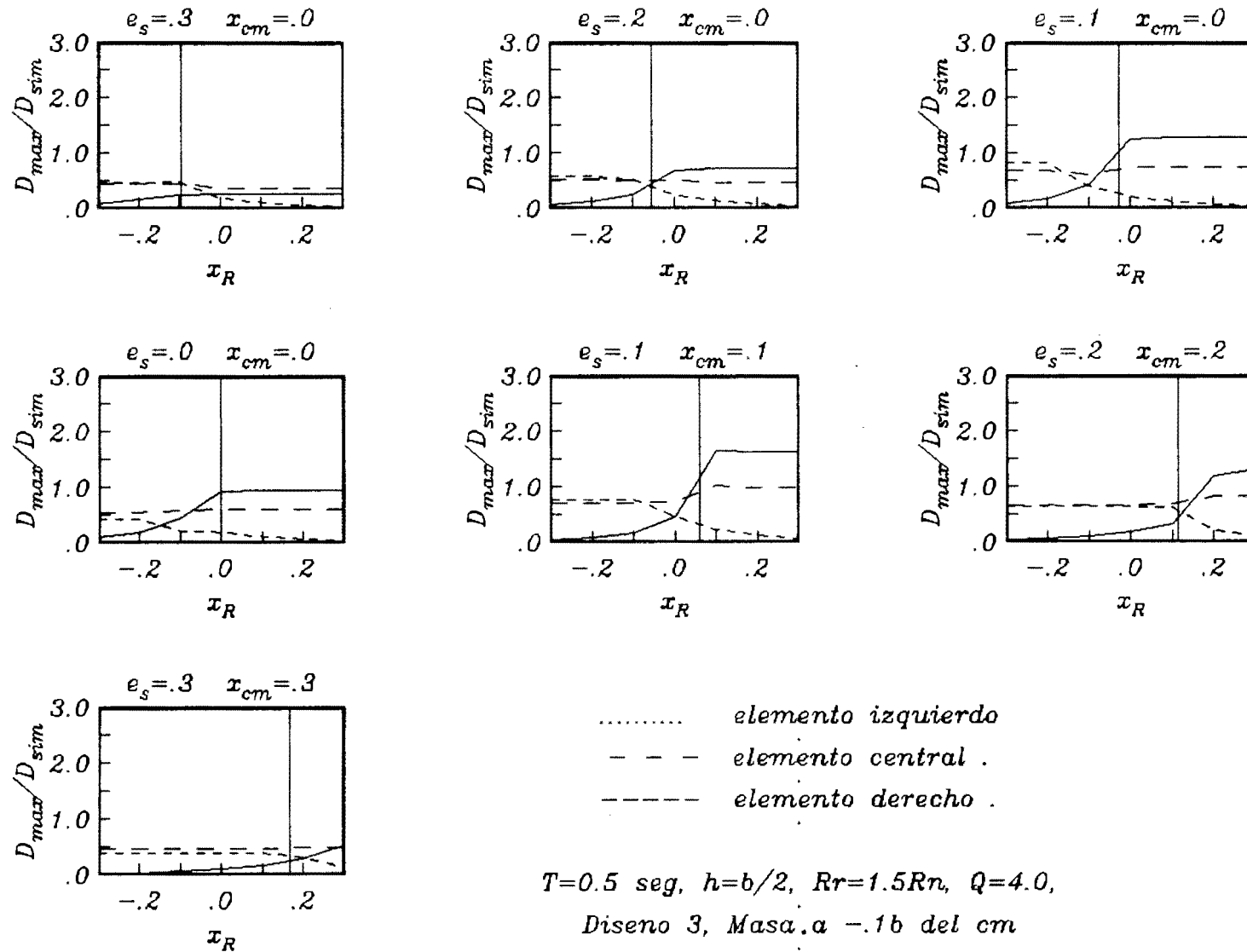


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

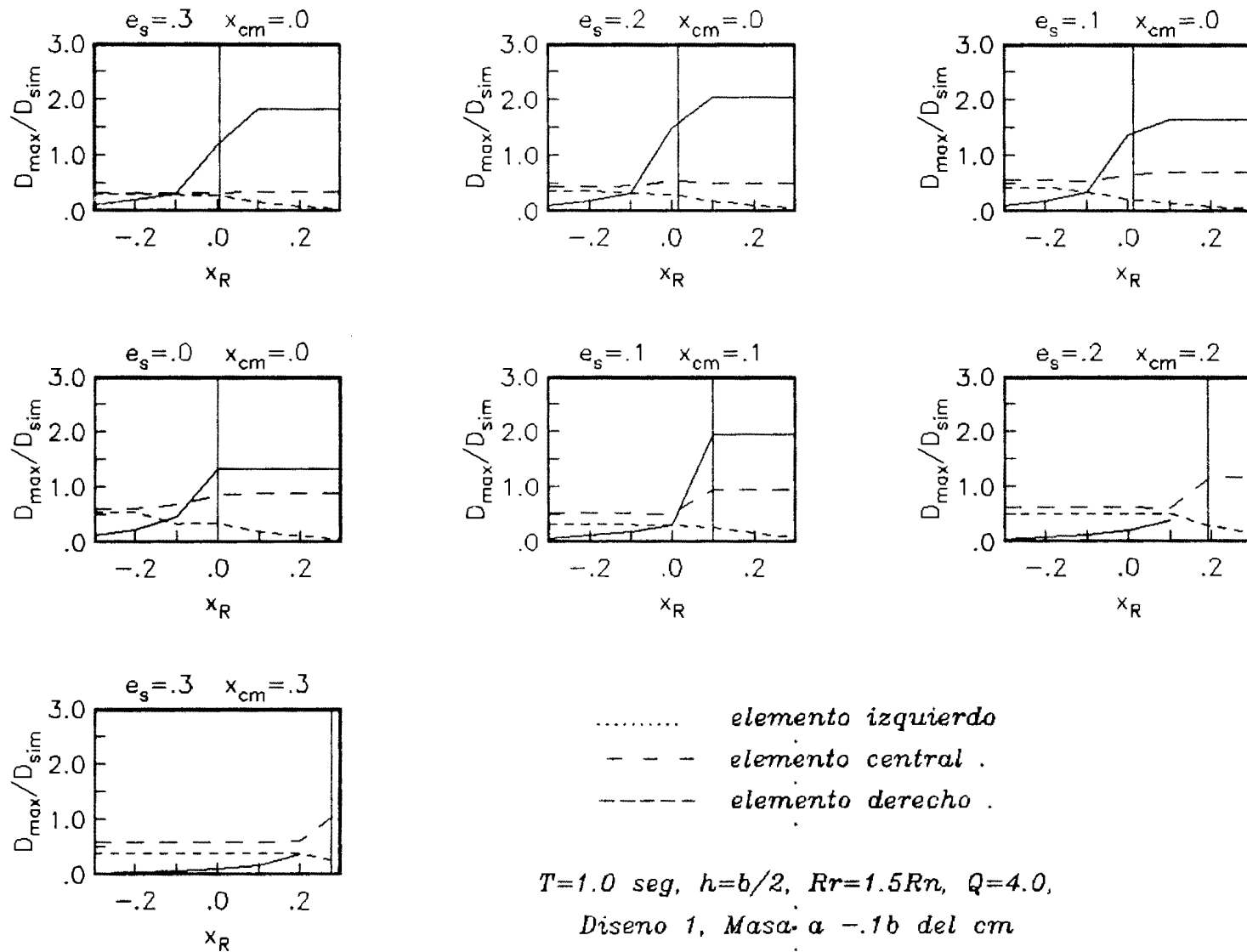


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

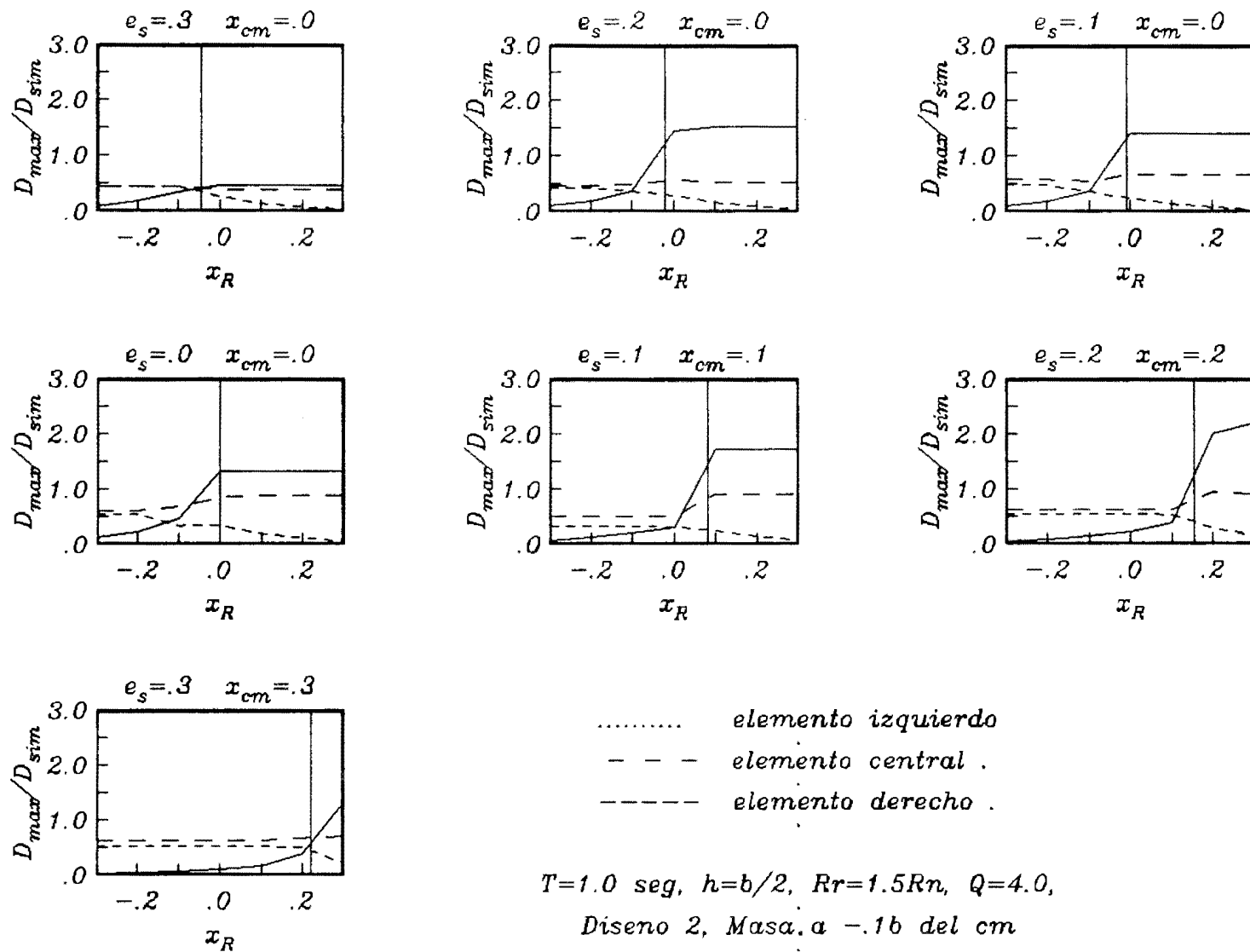


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

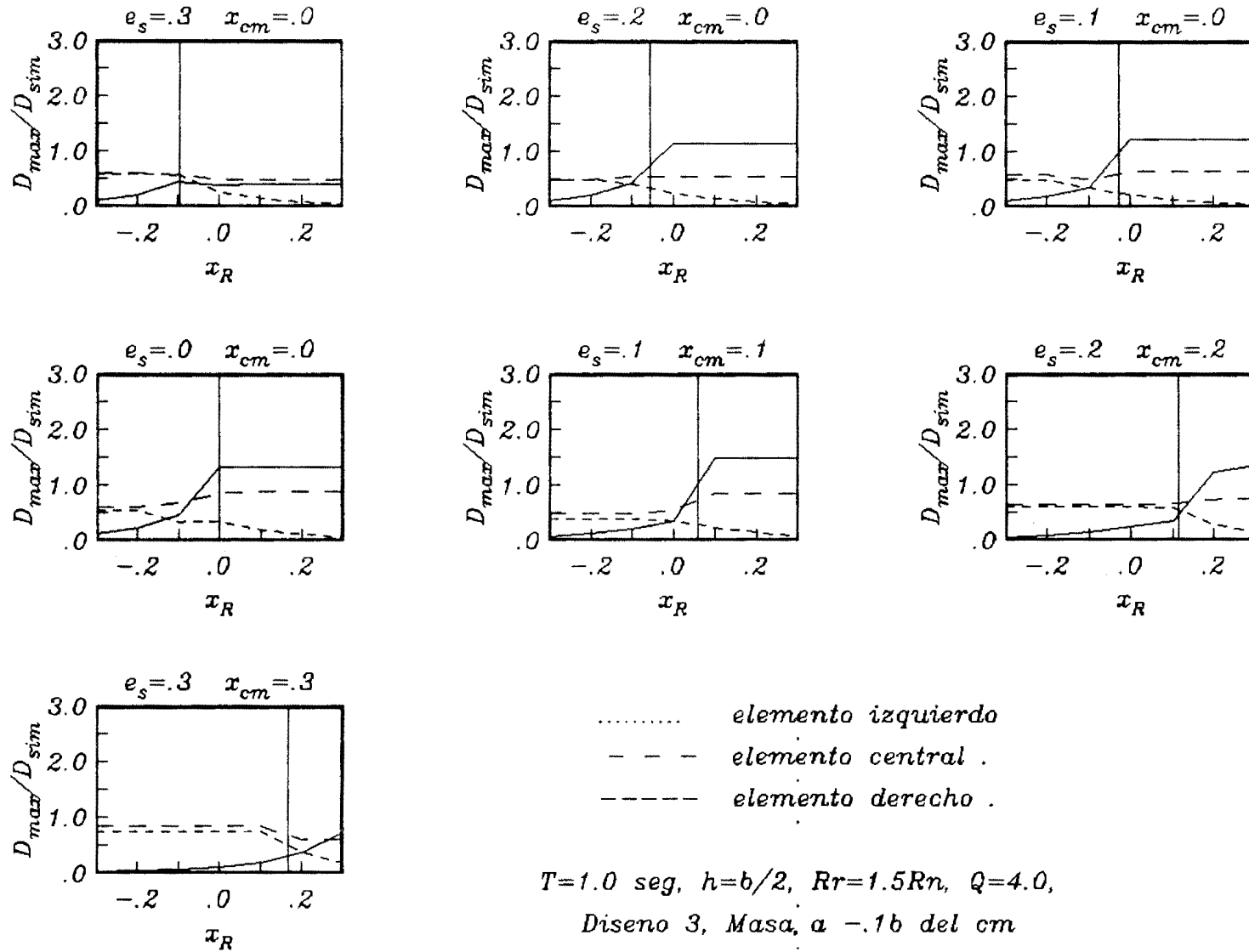


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

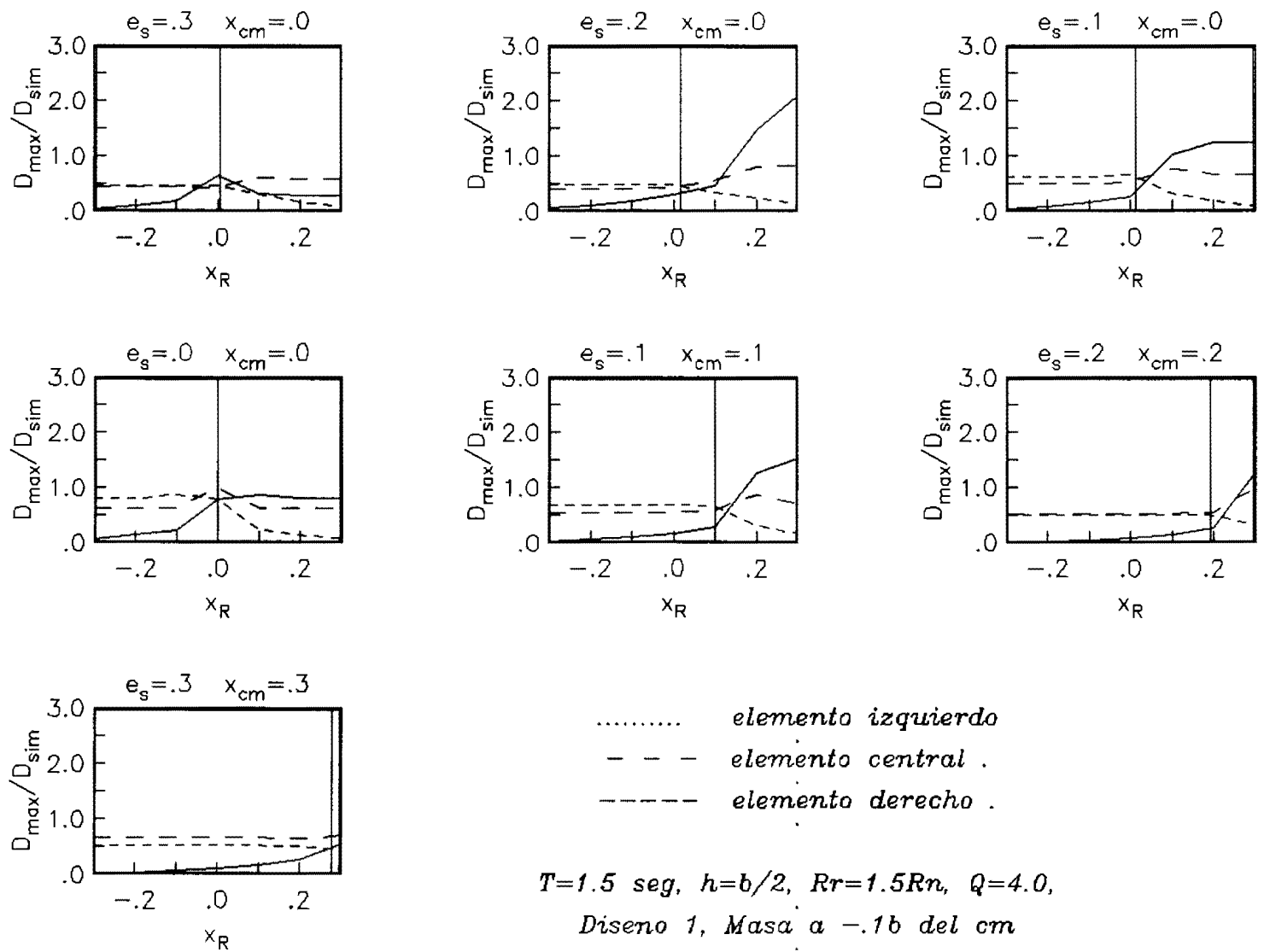


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

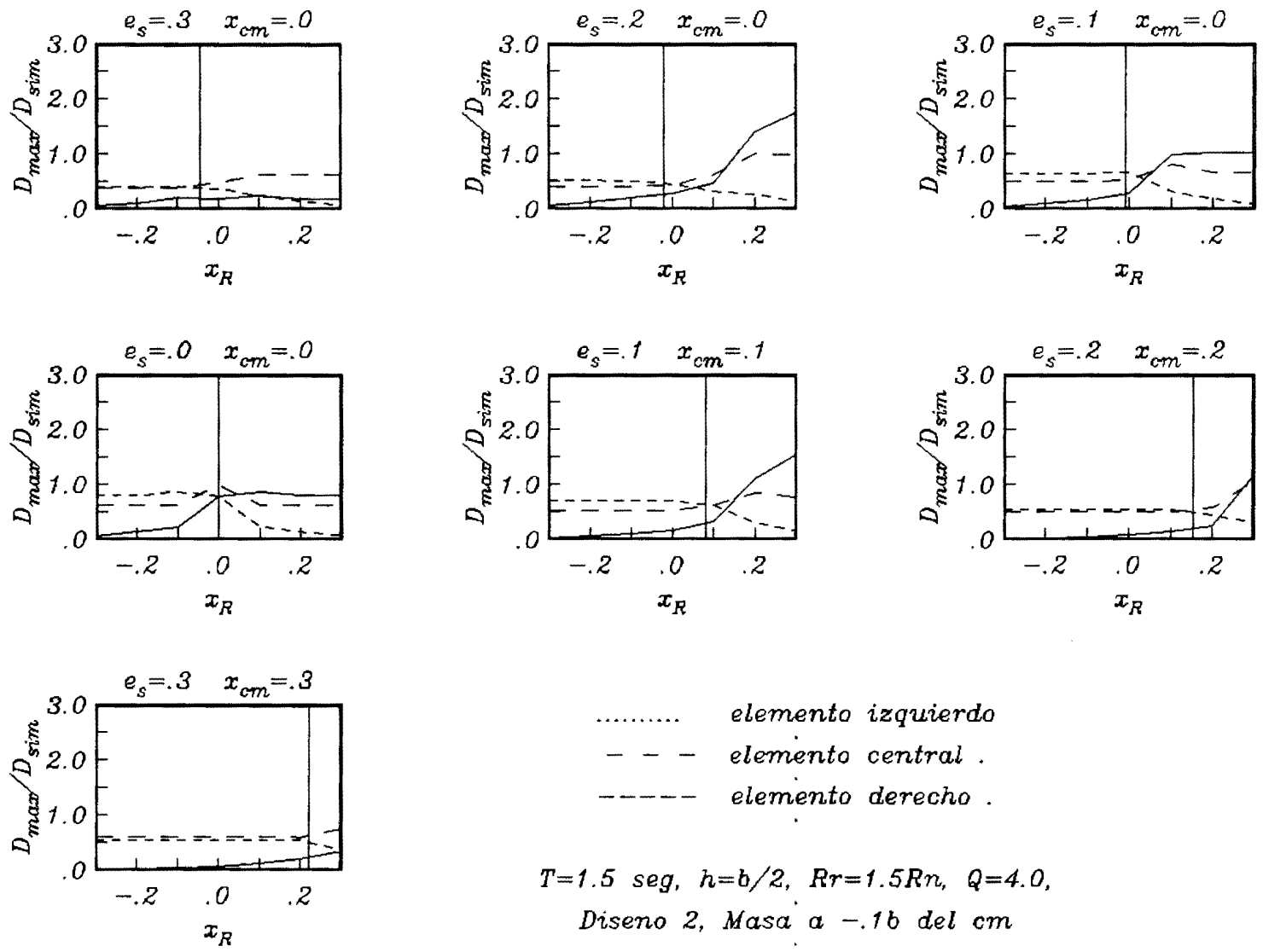


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

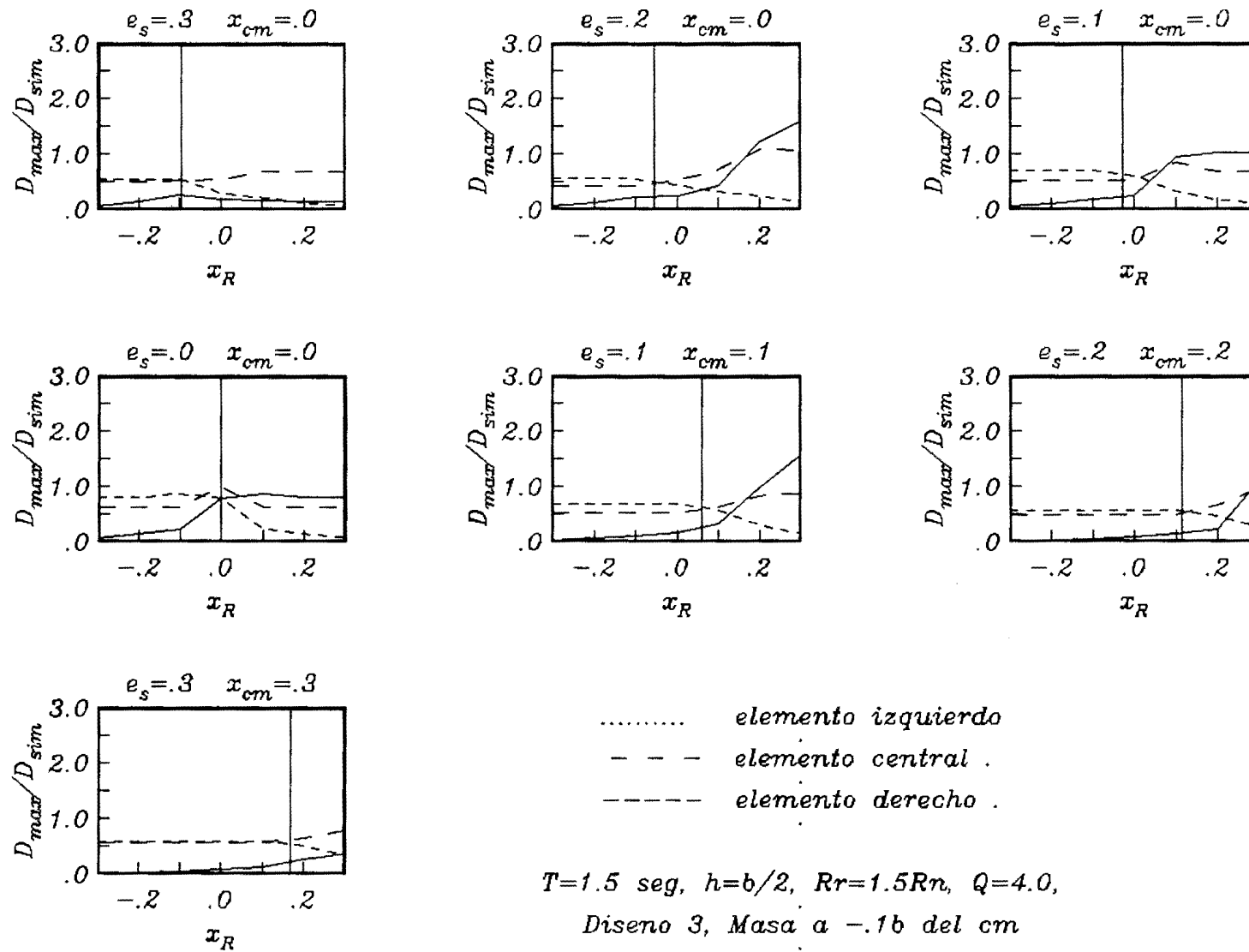


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

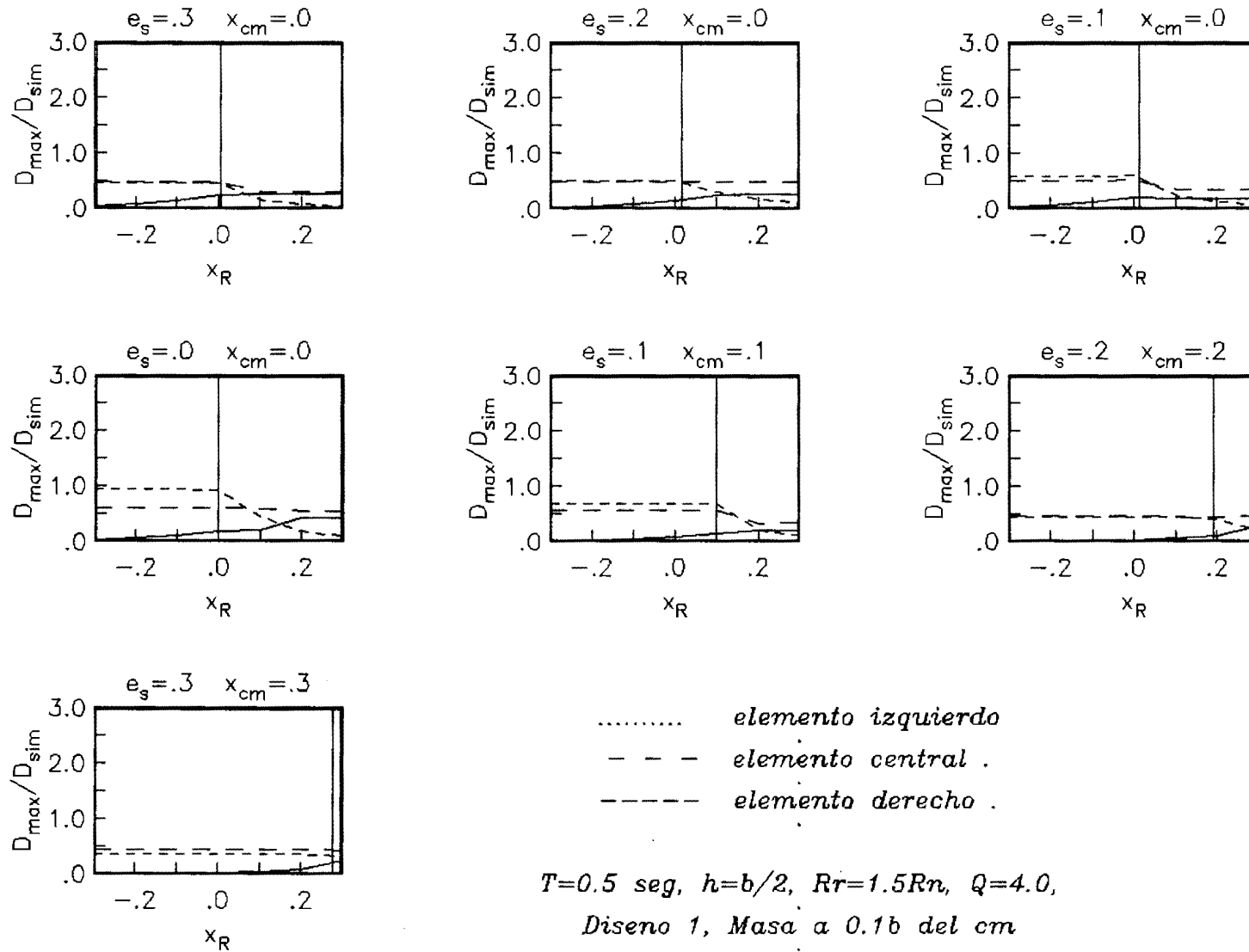


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

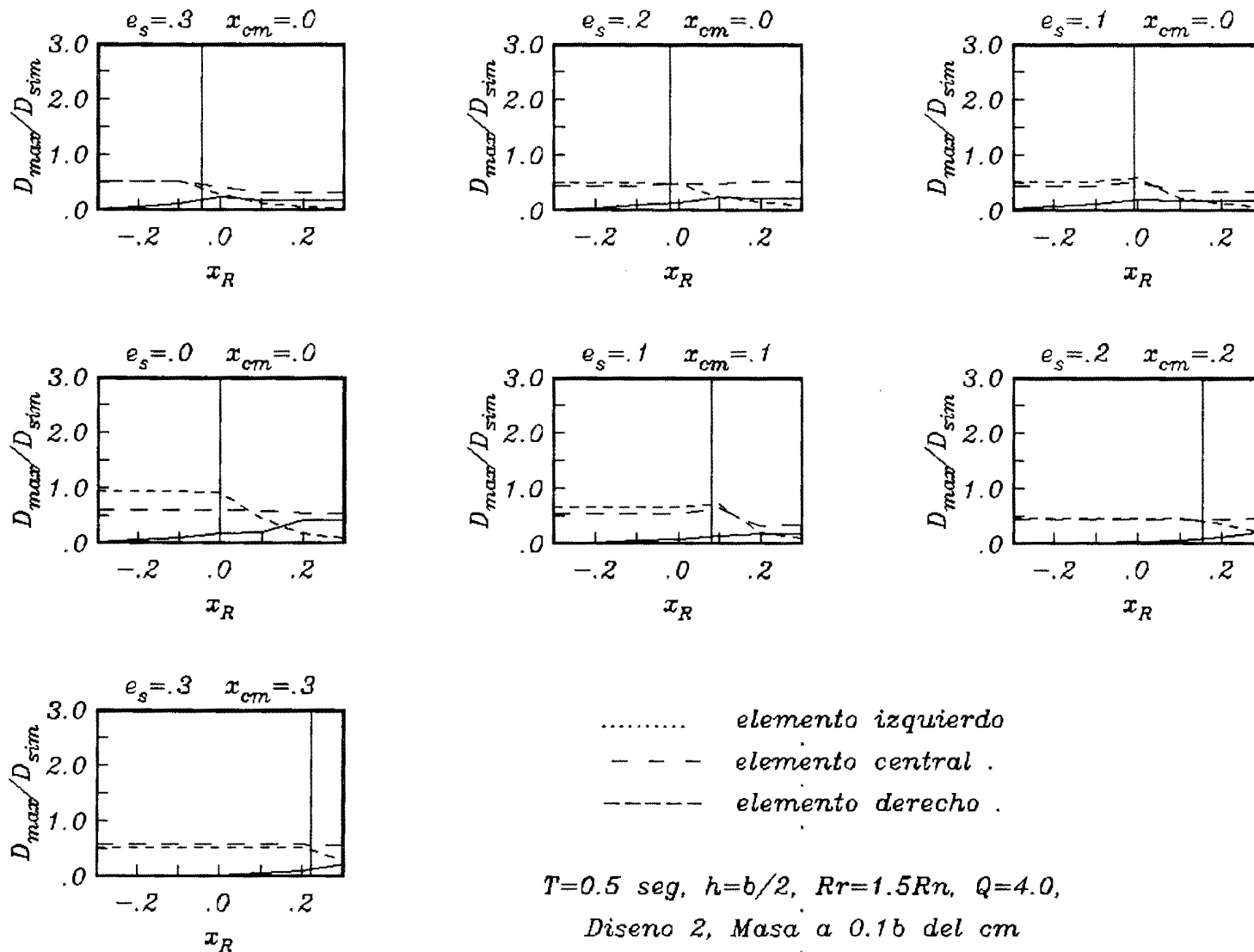


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas .vs. Distribucion de Resistencias

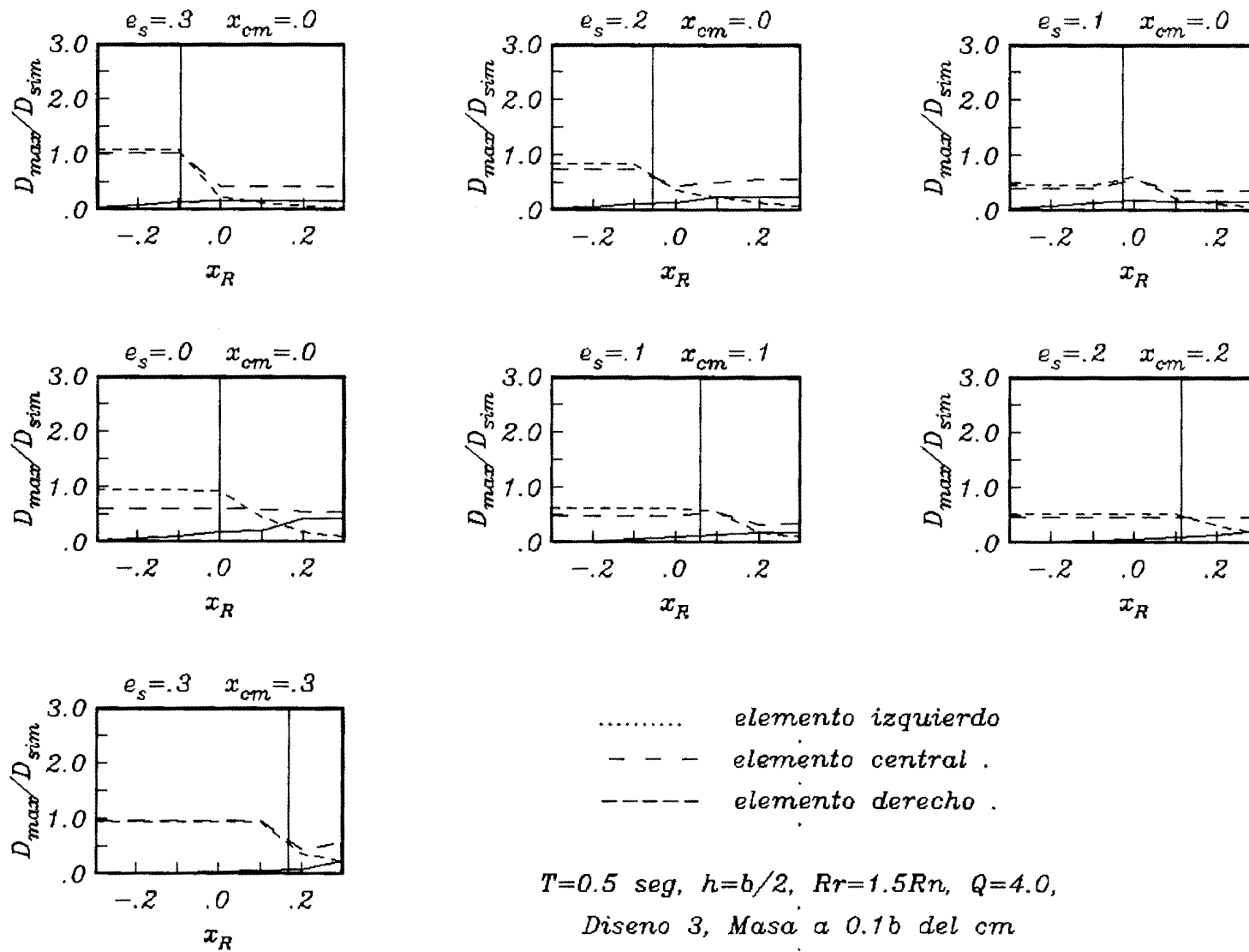


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

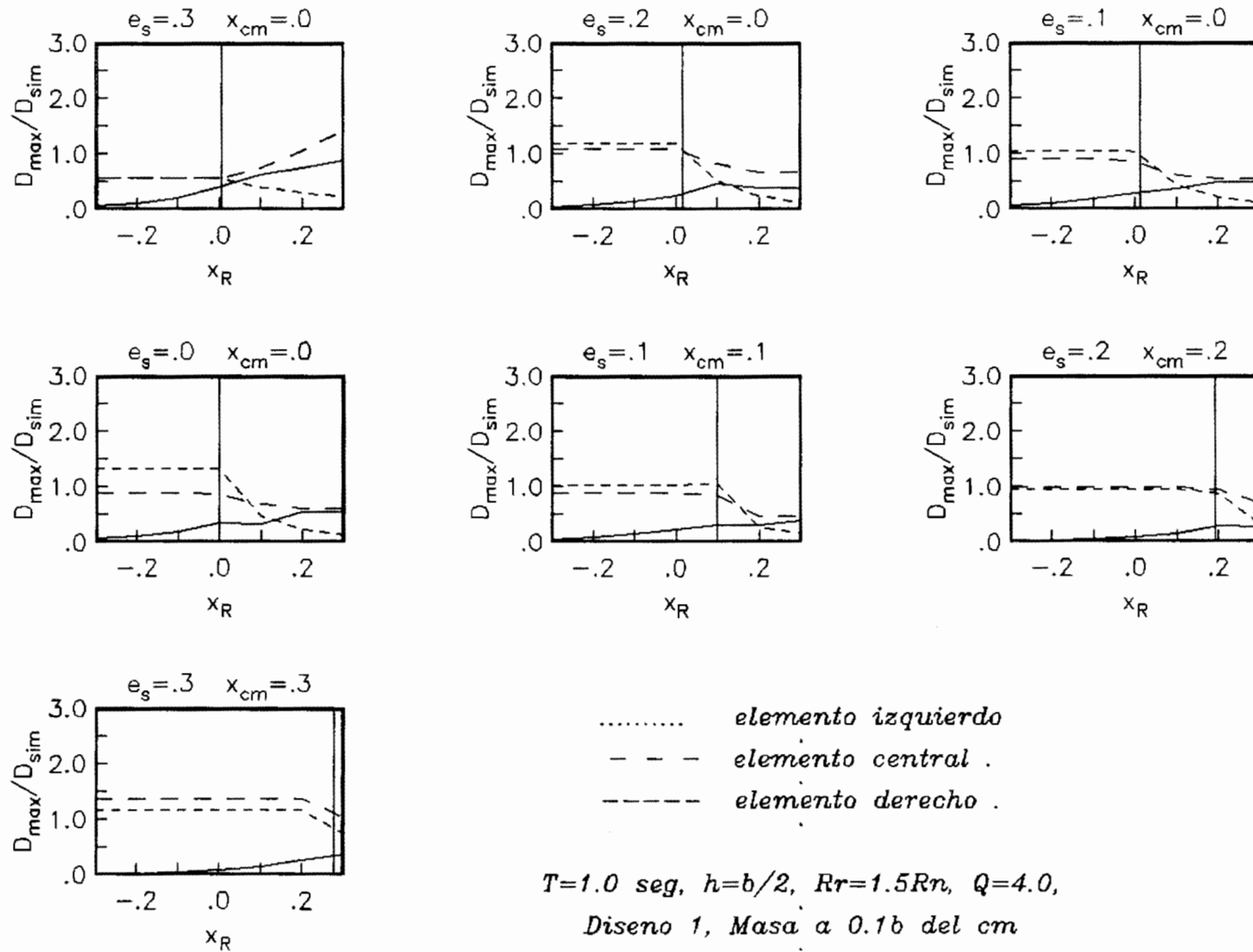


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

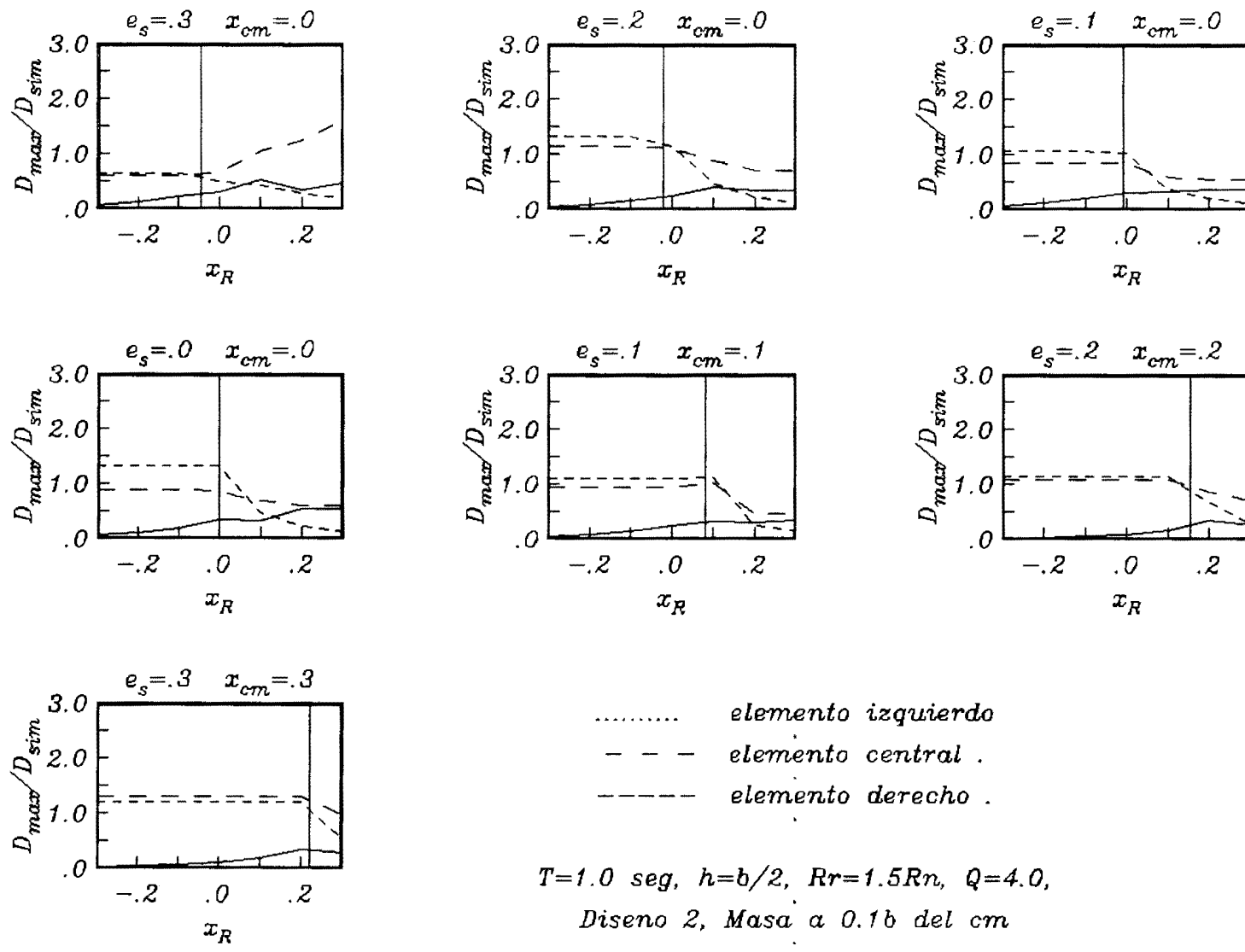


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

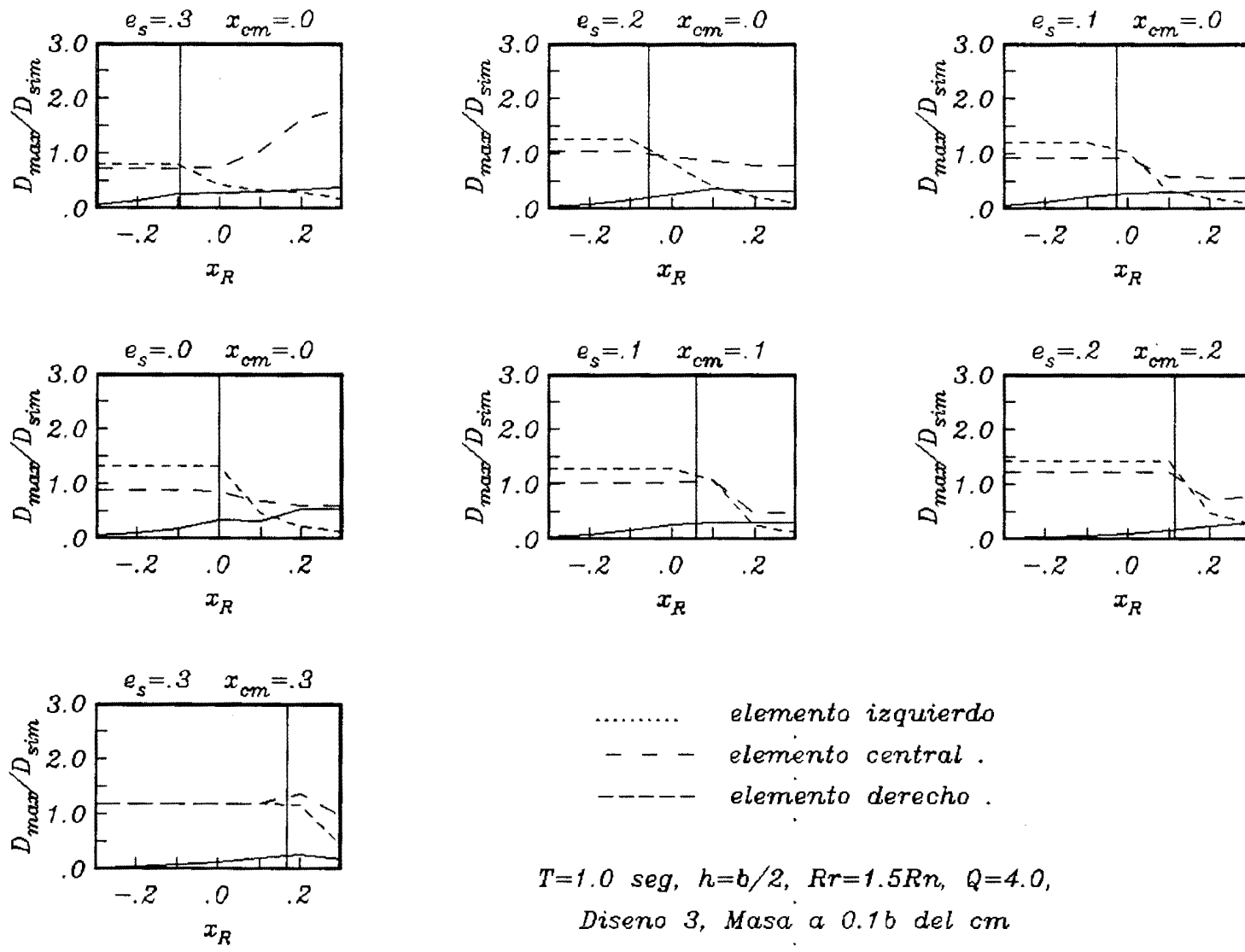


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas .vs. Distribucion de Resistencias

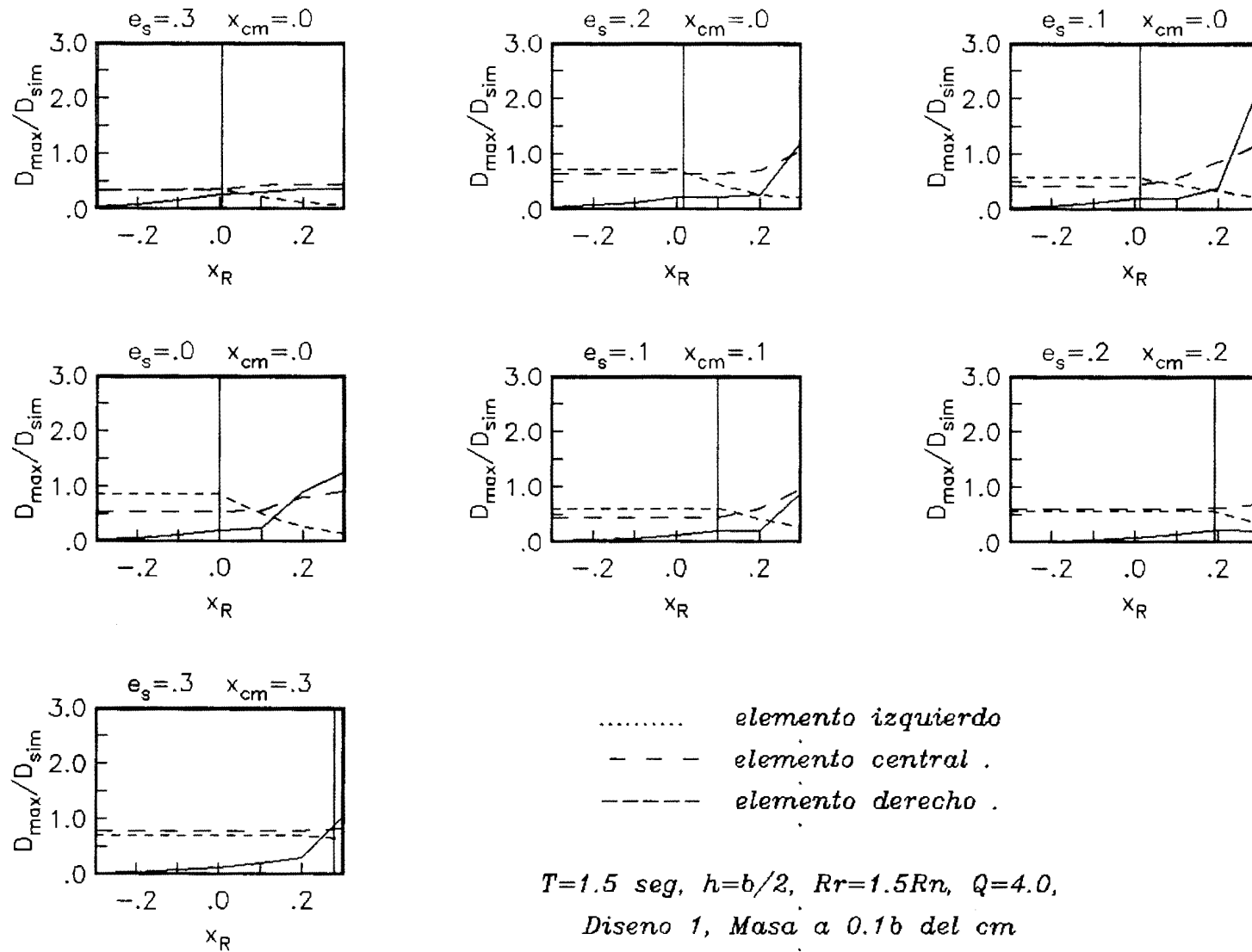


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

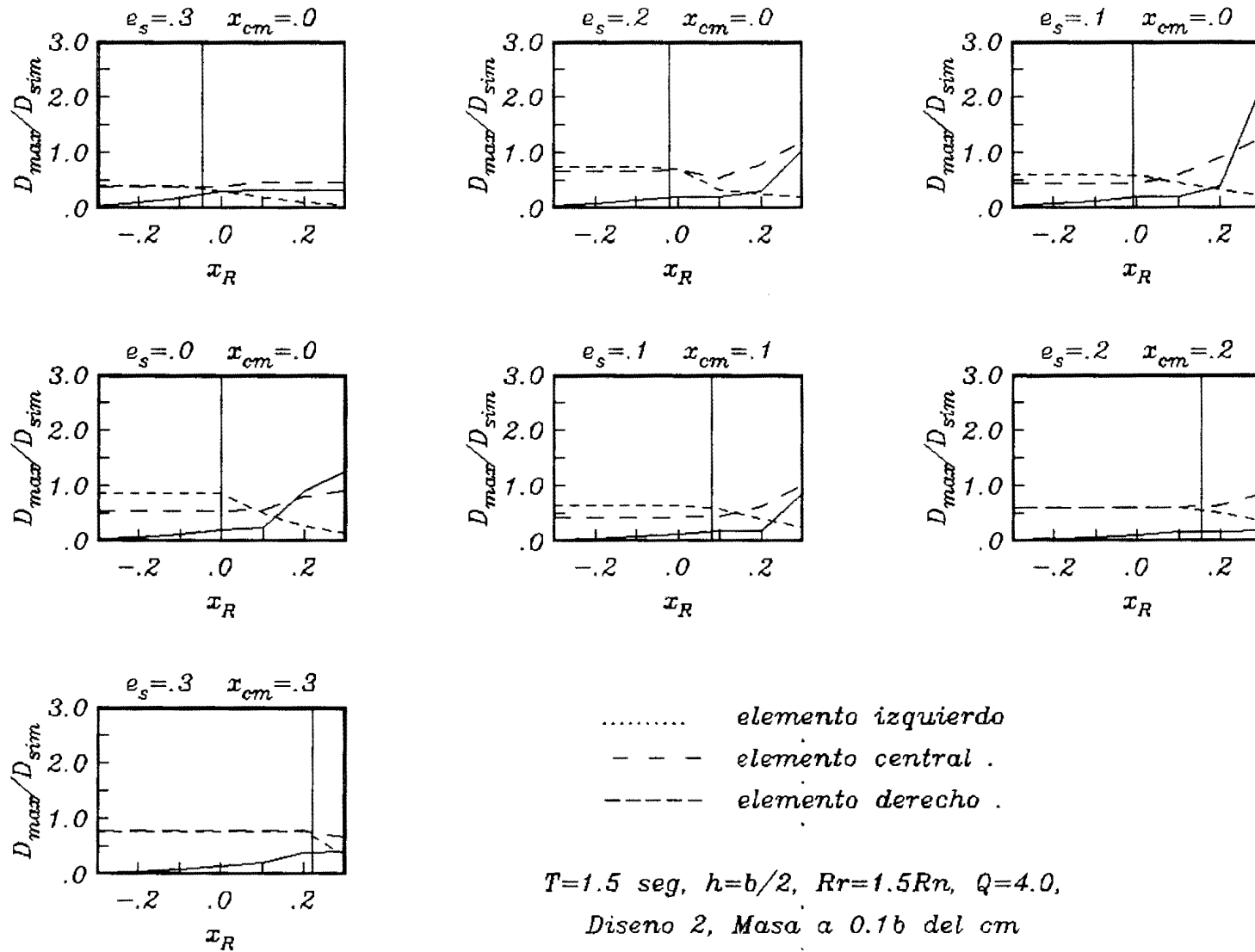


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

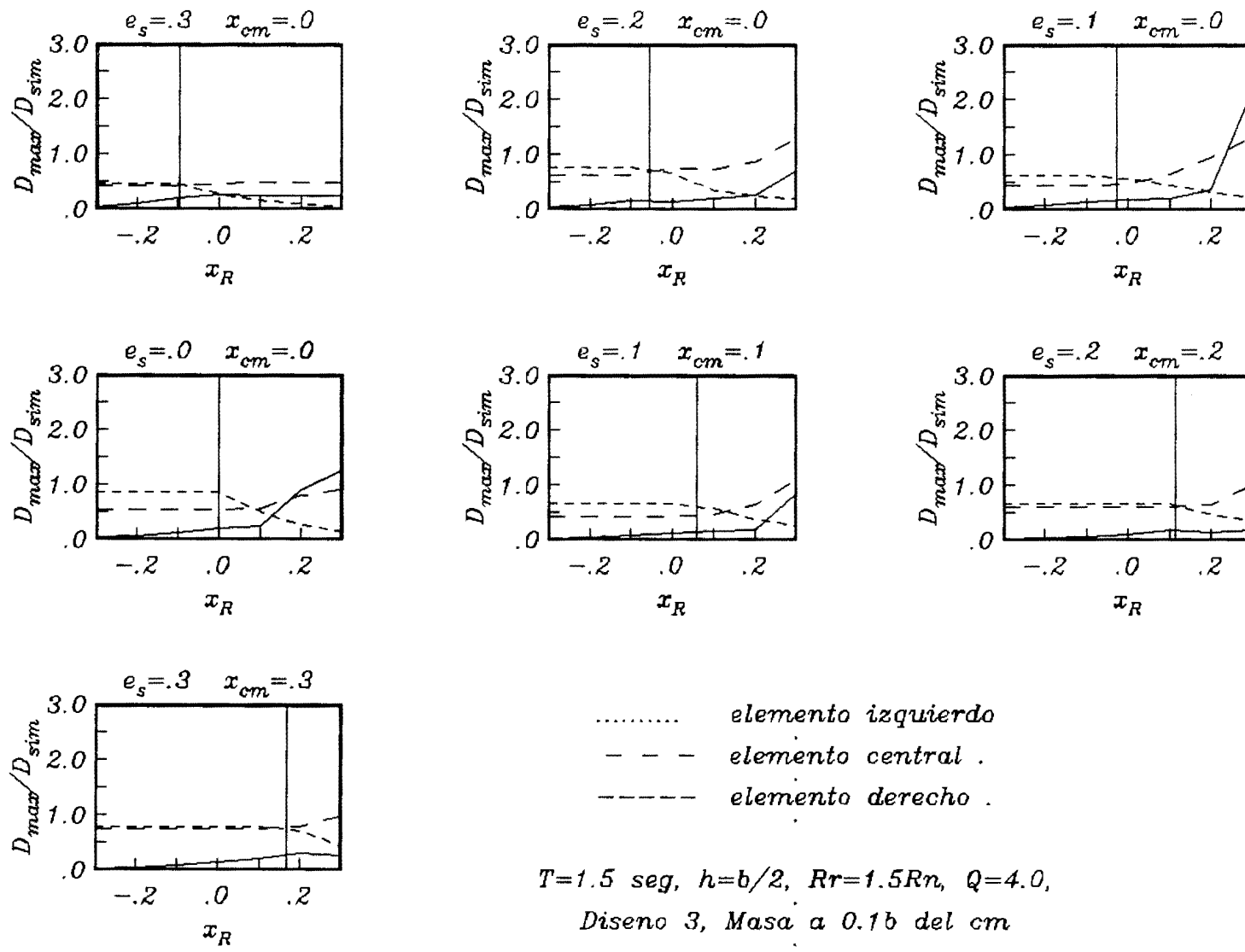
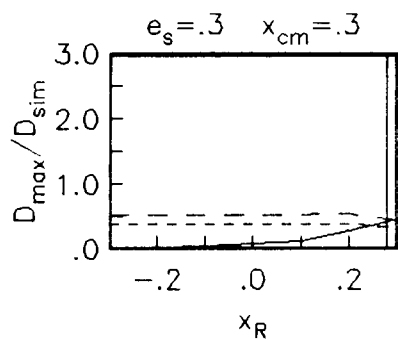
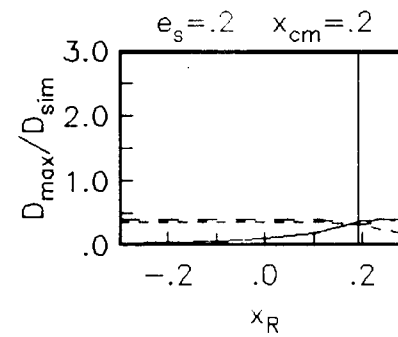
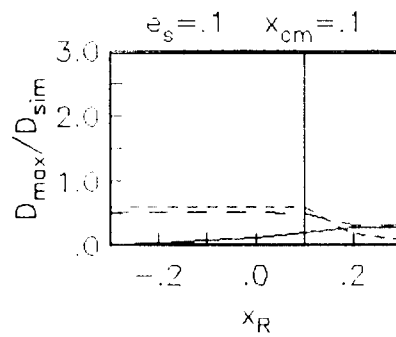
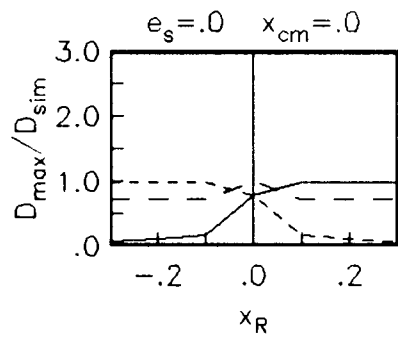
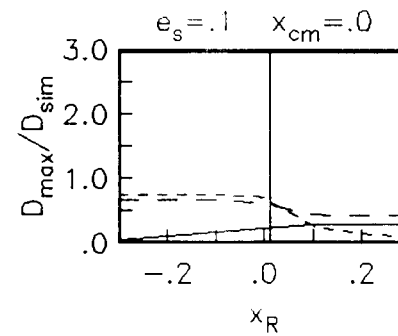
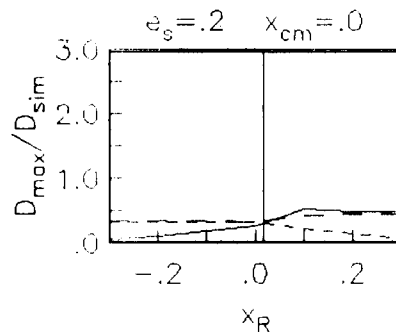
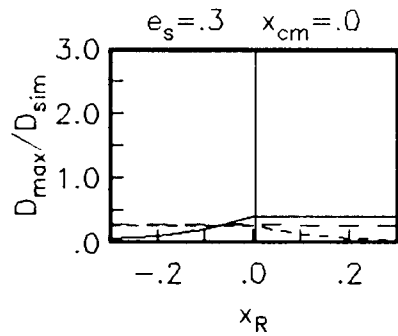


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas .vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - . - . elemento derecho .

$T = 0.5$ seg, $h = b$, $R_r = 1.5R_n$, $Q = 4.0$,
 Diseño 1, Masa a 0.0b del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

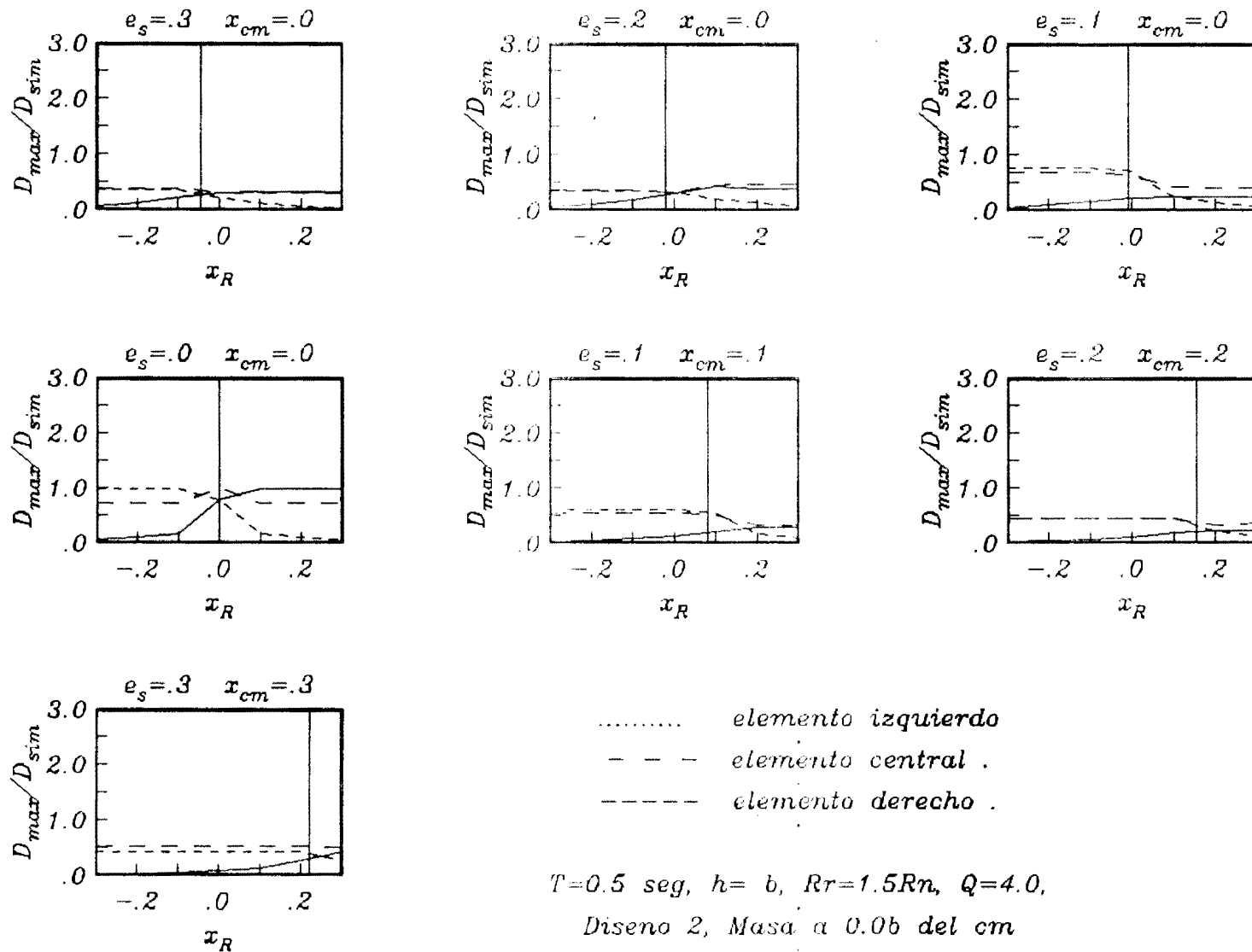


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

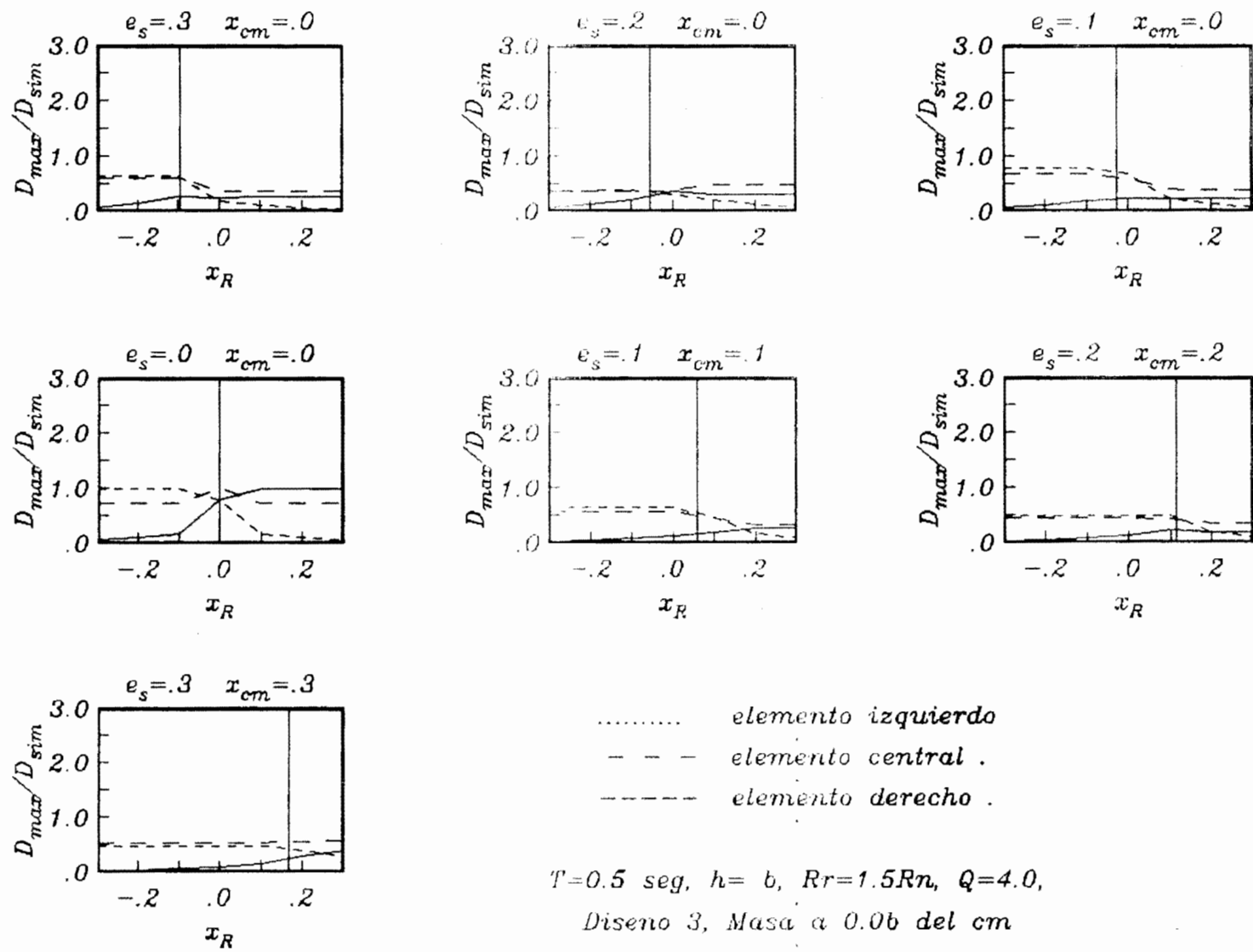


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

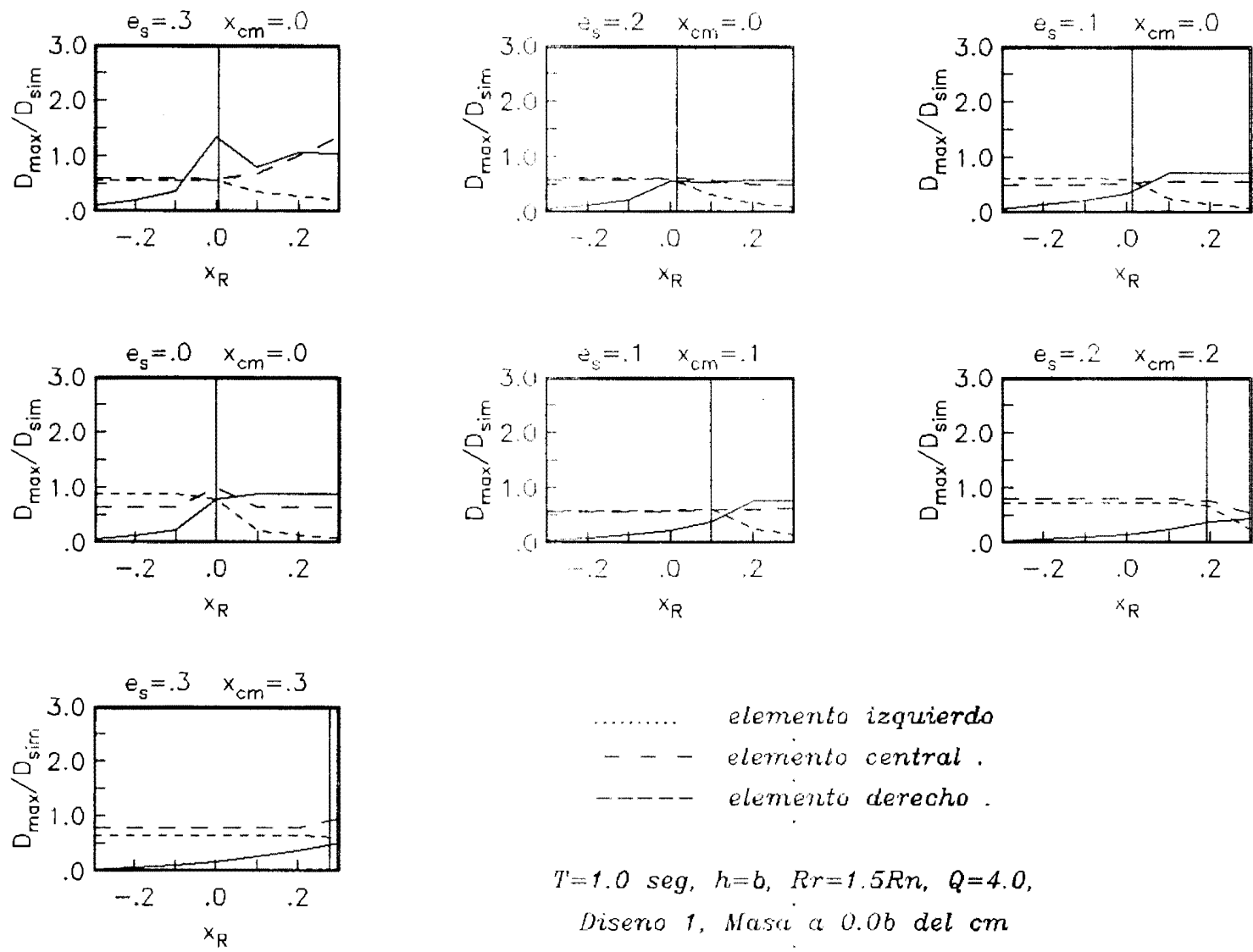


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

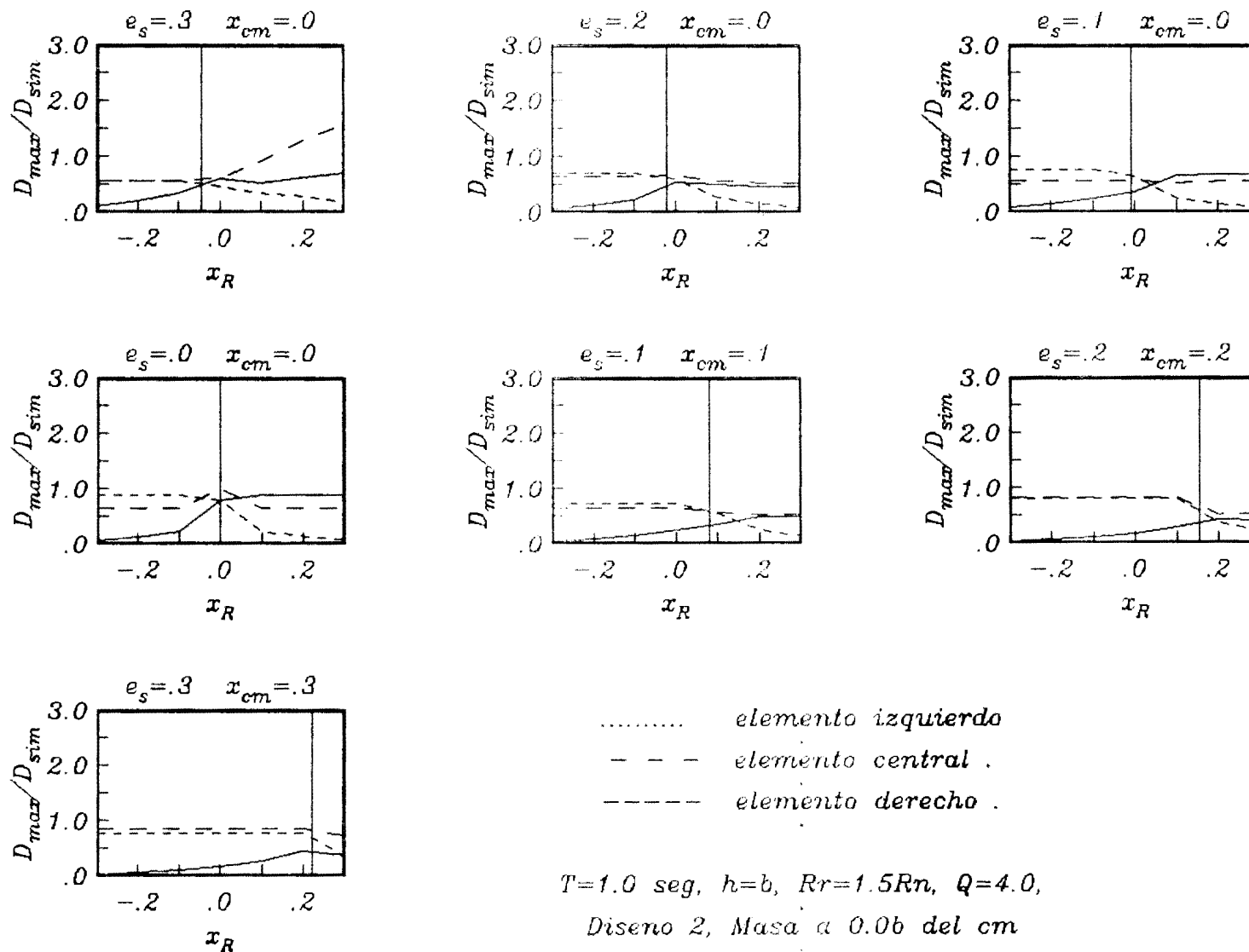


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

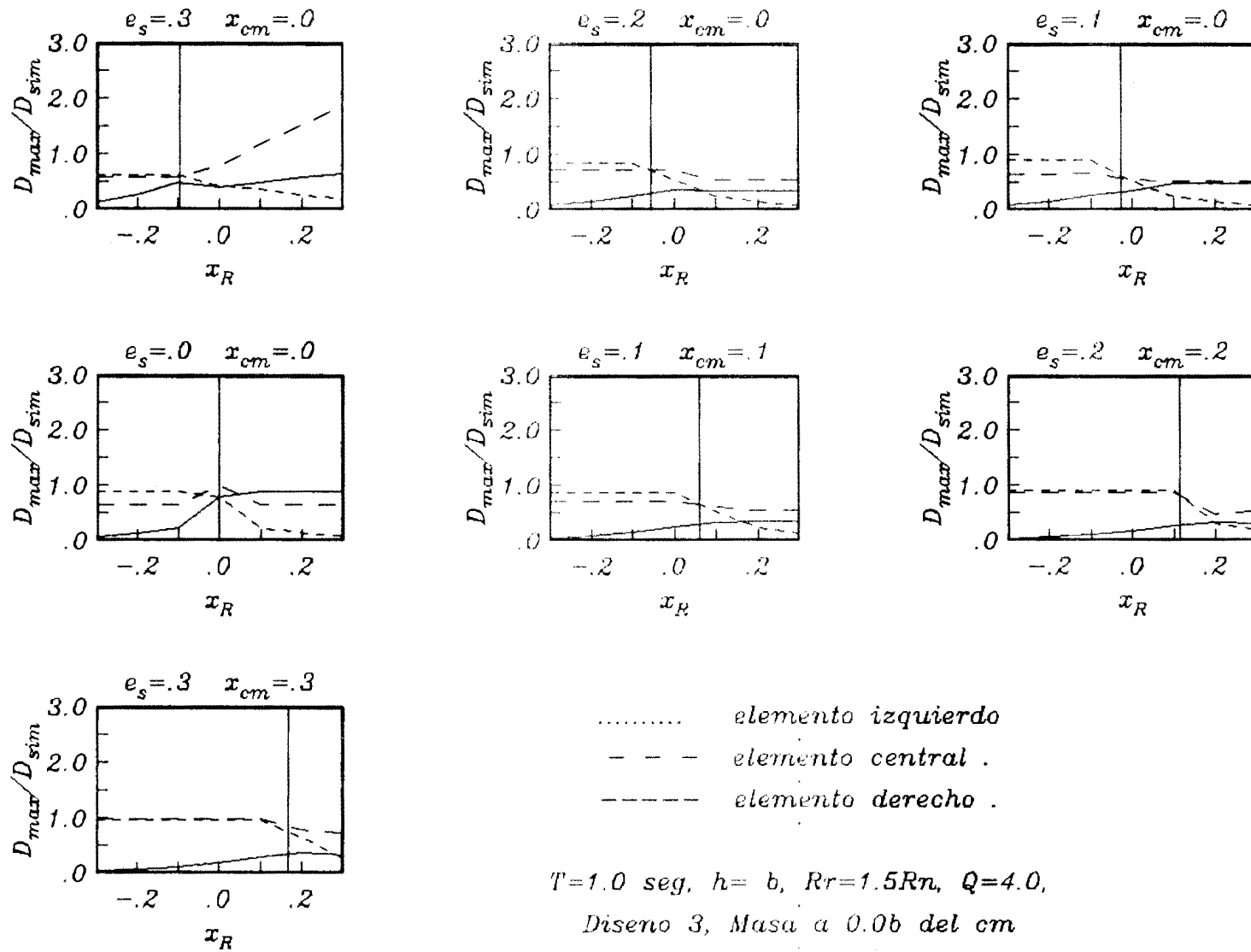


Figura . Relacion de Ductilidades Maximus vs. Distribucion de Resistencias

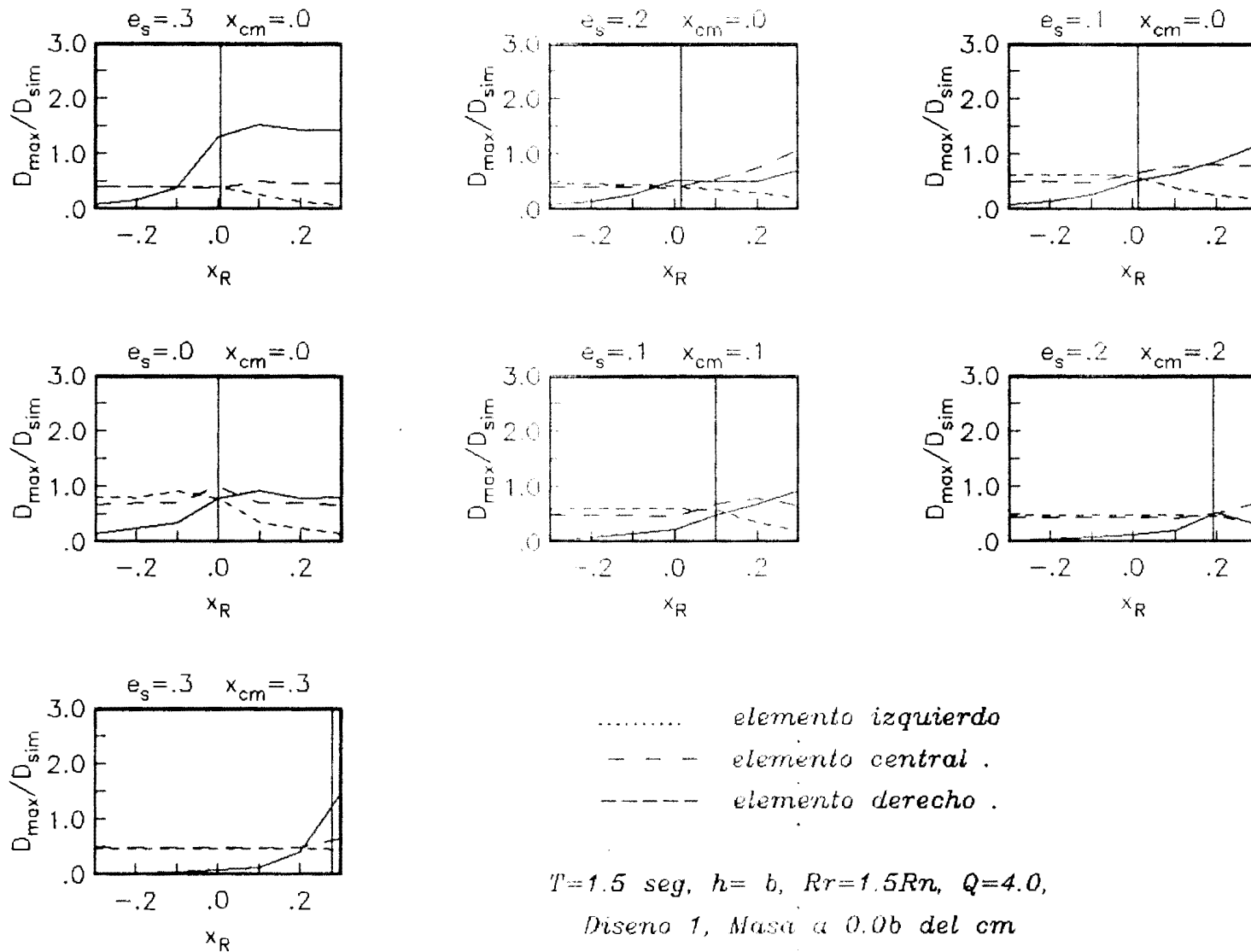


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

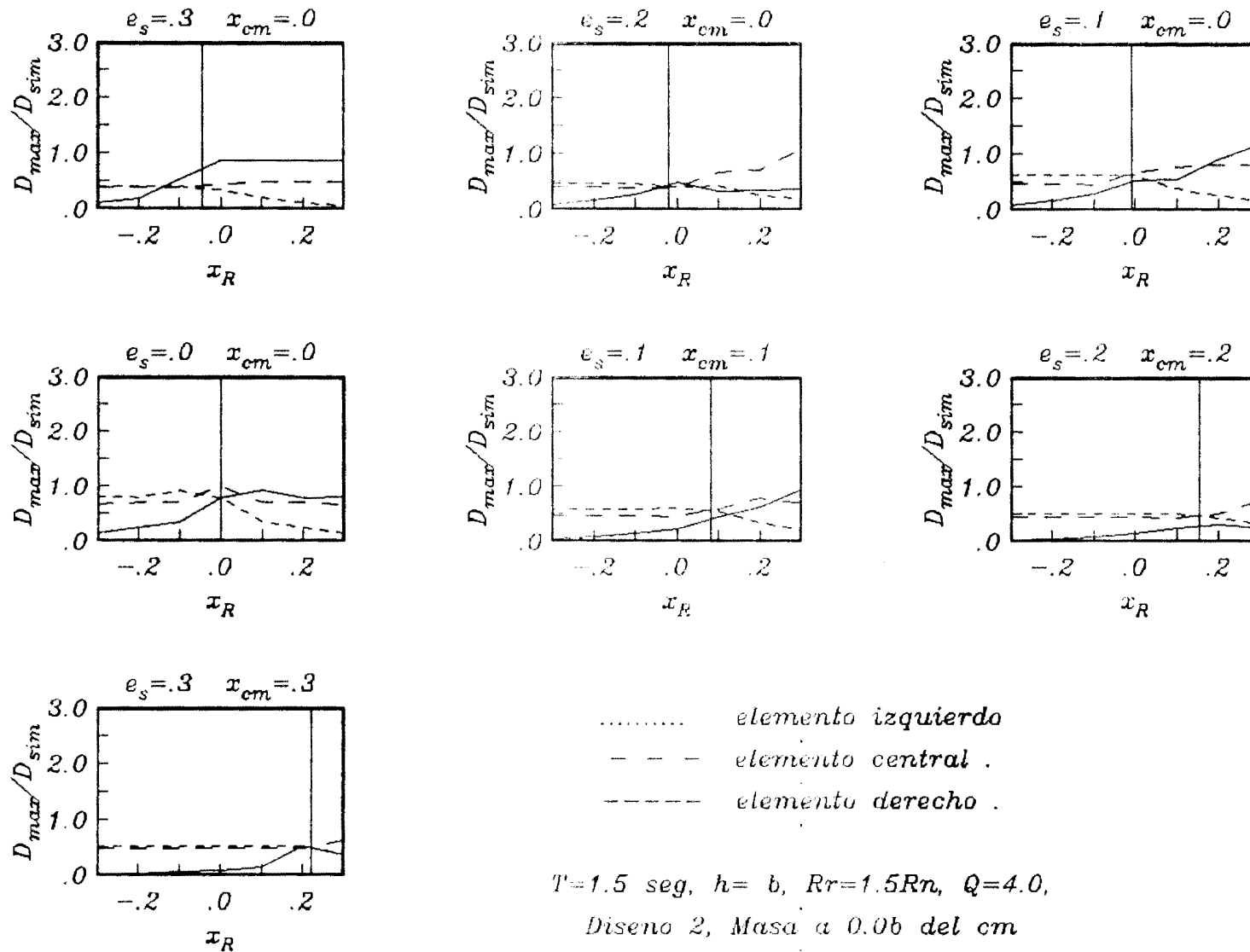
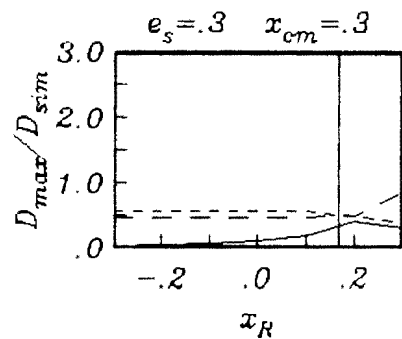
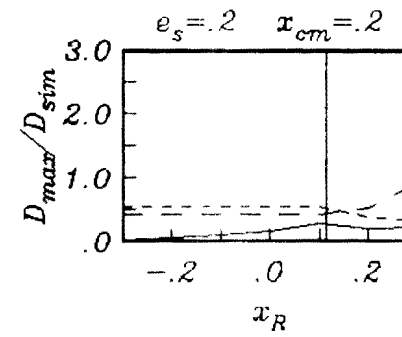
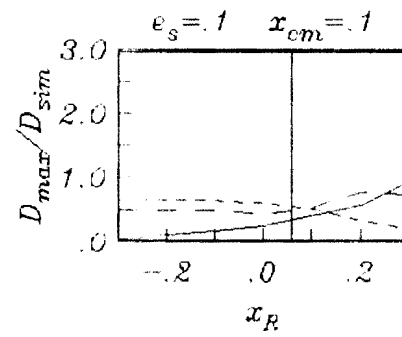
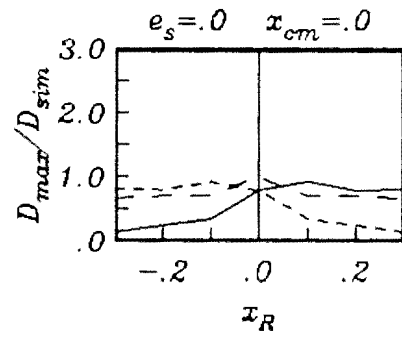
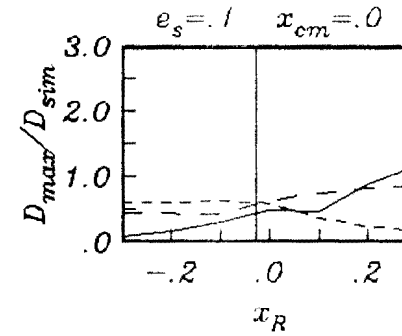
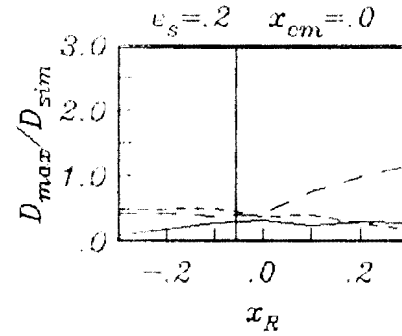
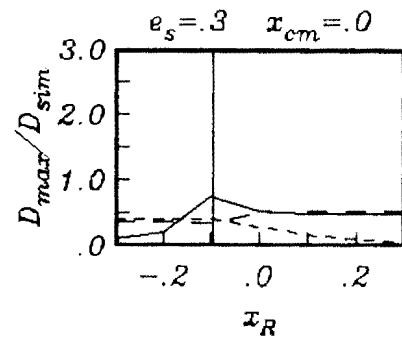


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - . - . elemento derecho .

$T=1.5$ seg, $h=b$, $R_r=1.5R_n$, $Q=4.0$,
 Diseño 3, Masa a $0.0b$ del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

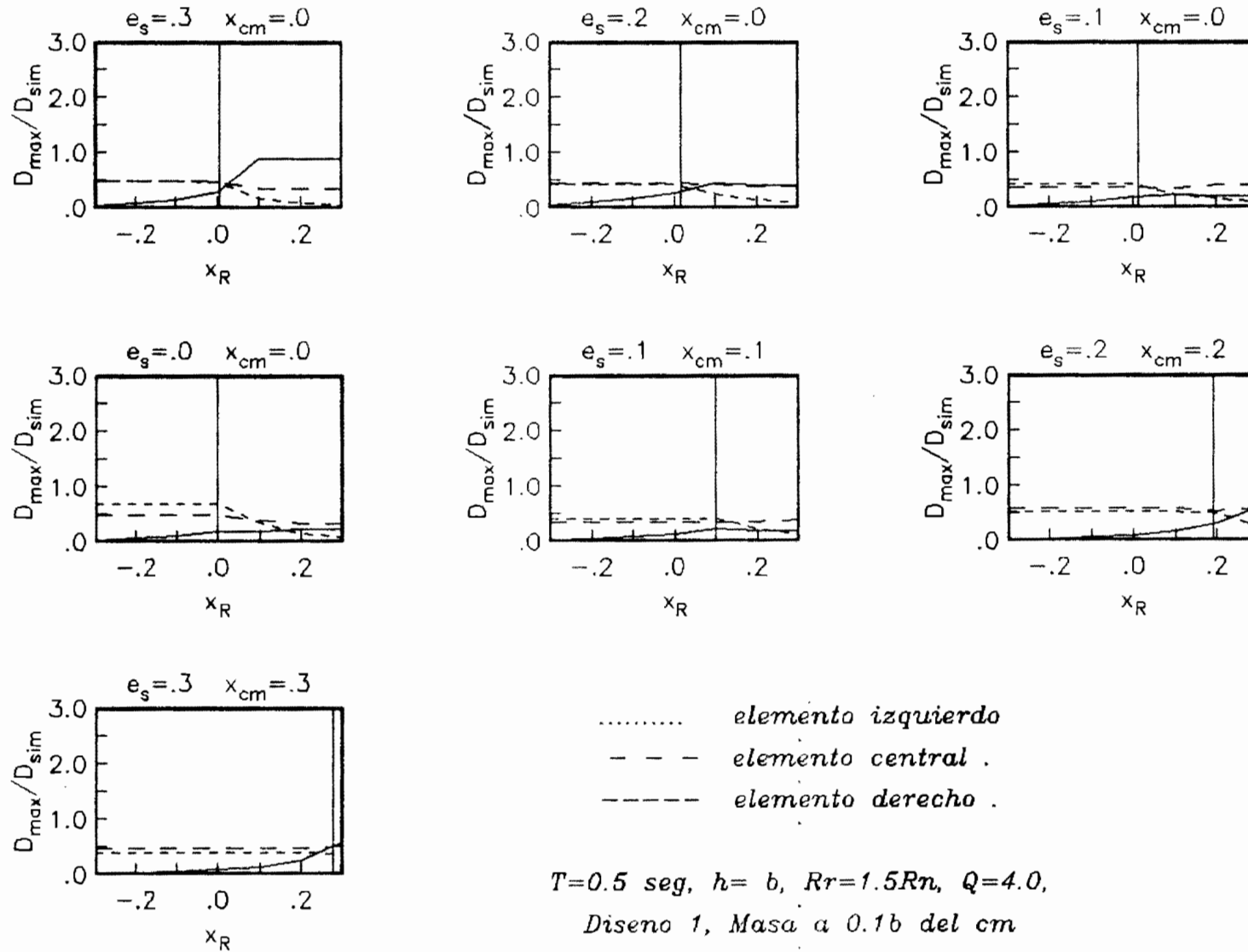


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

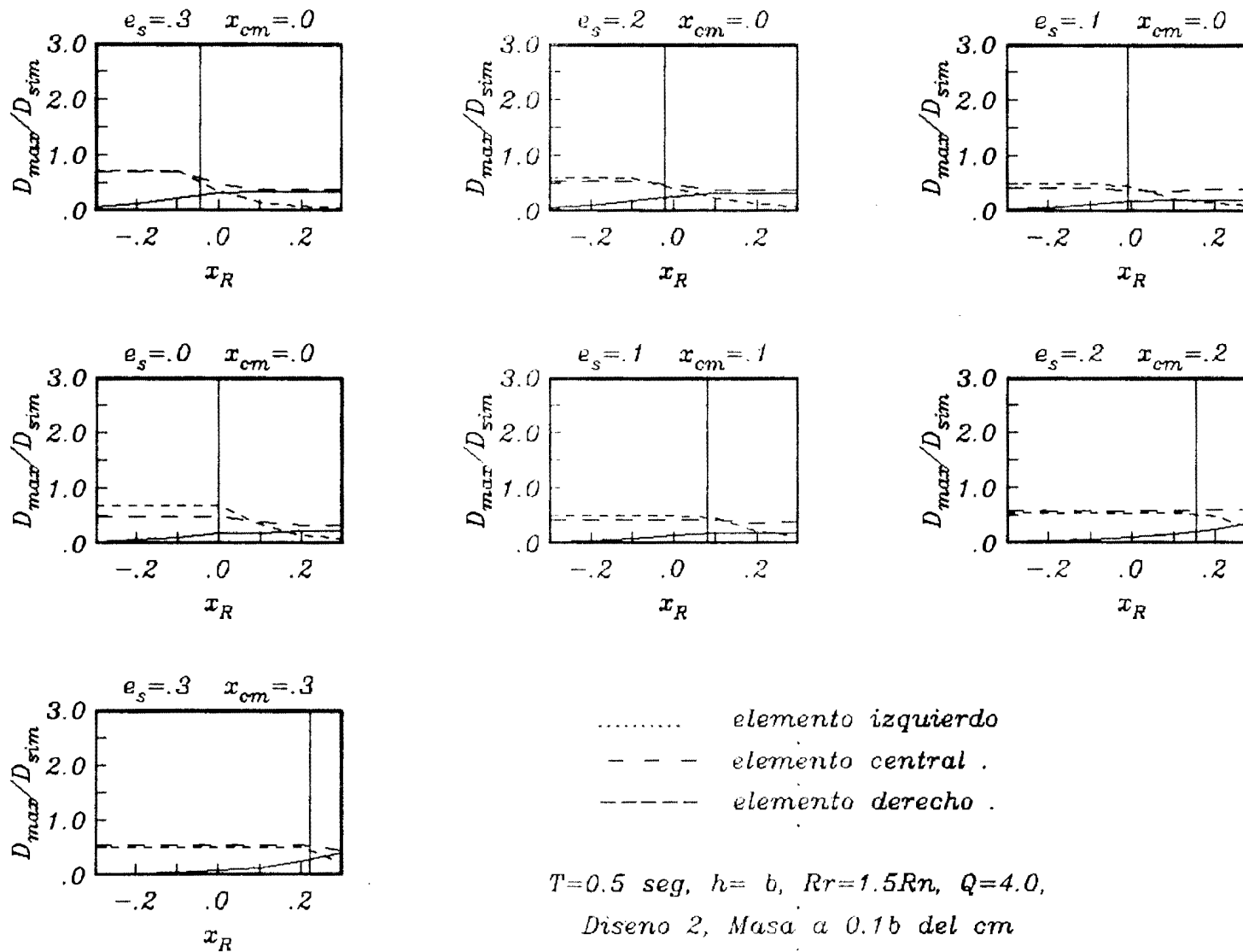


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

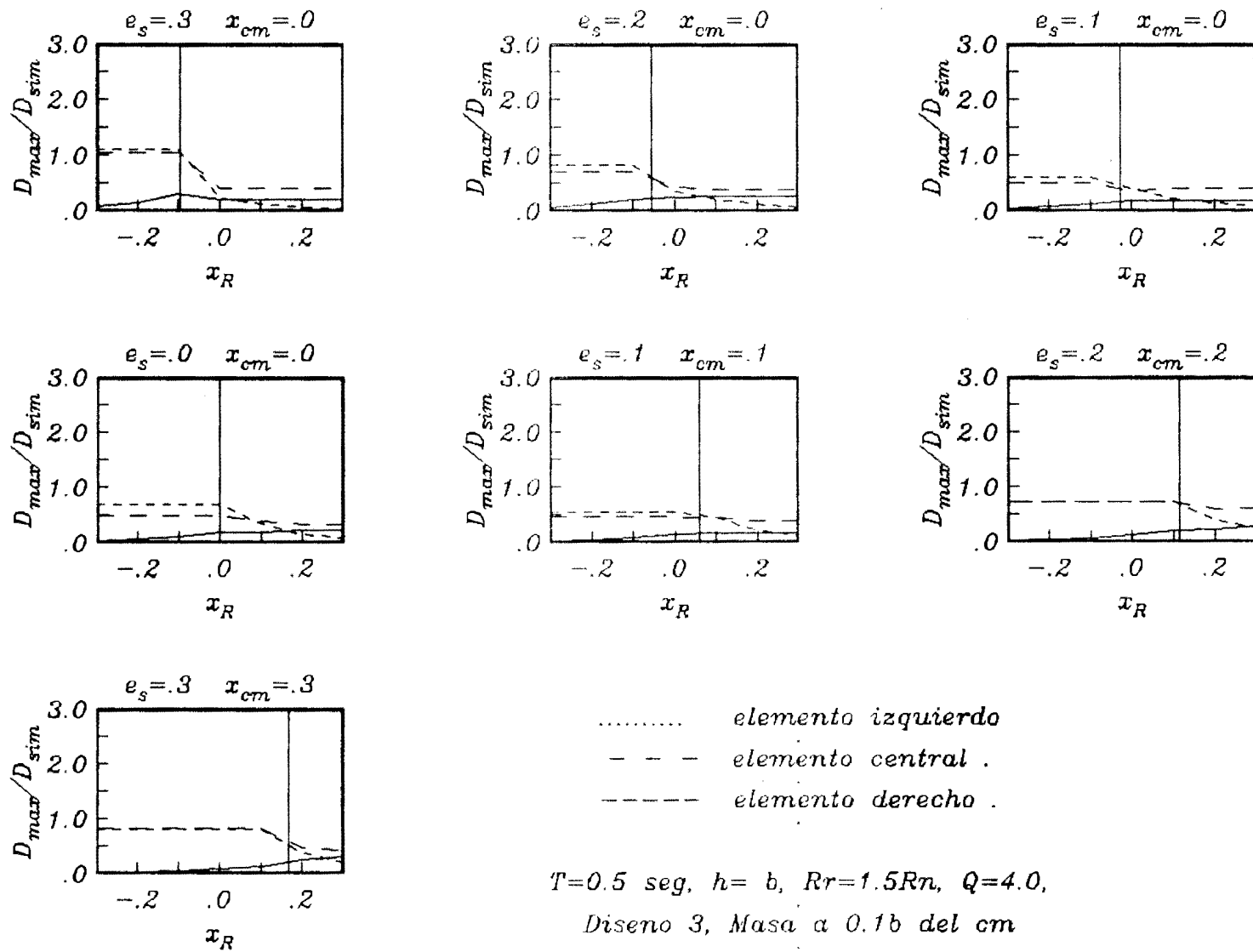


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias



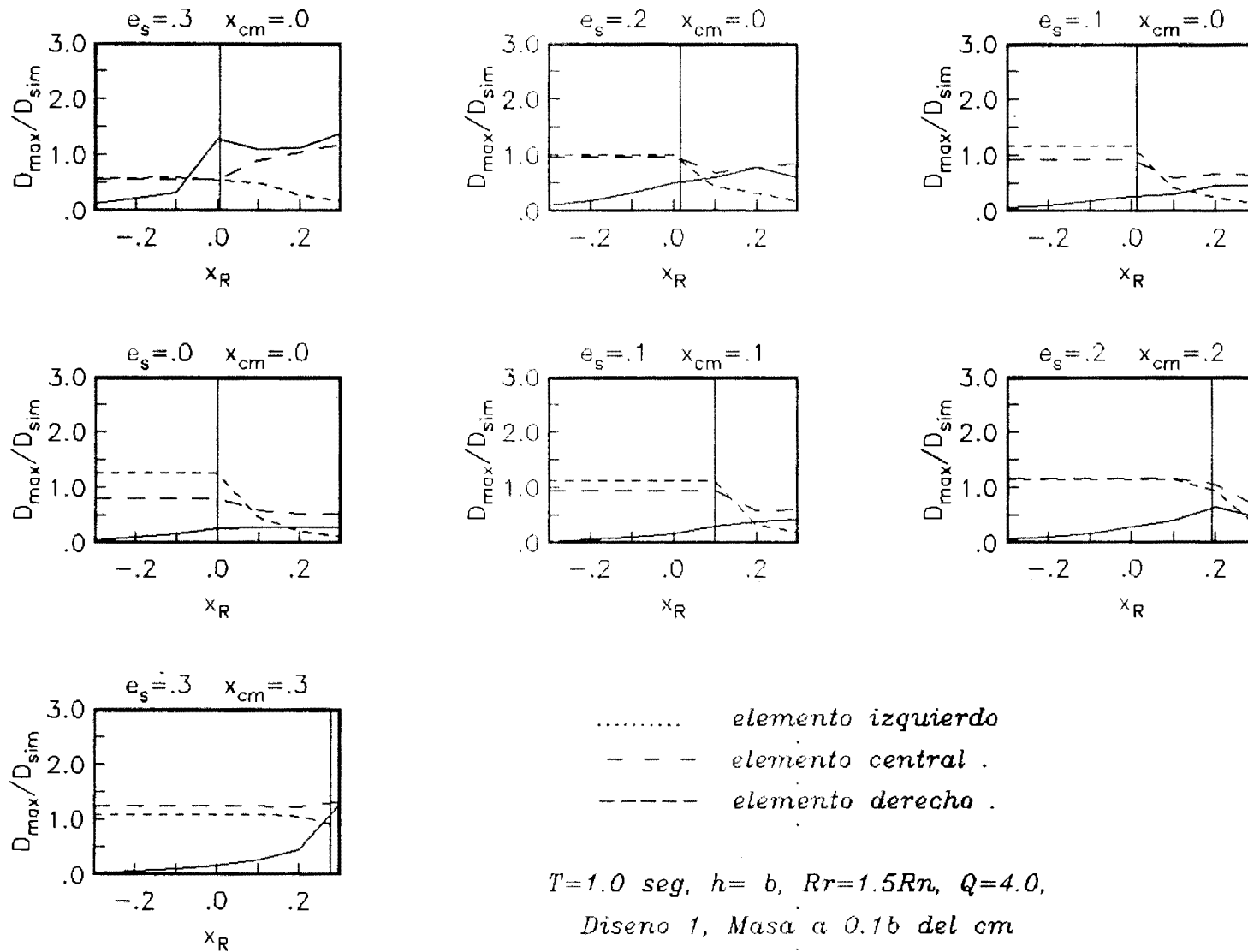


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

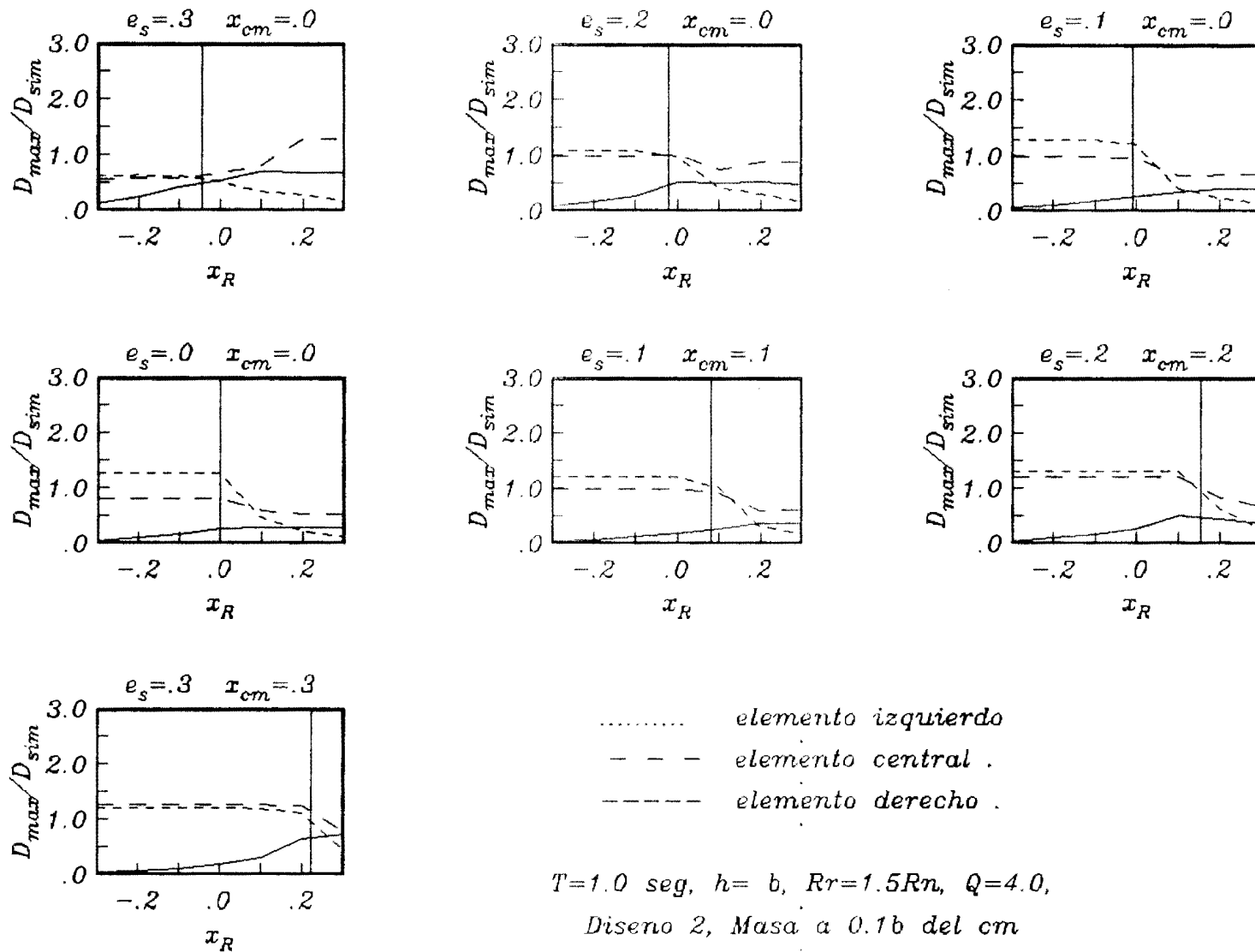


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

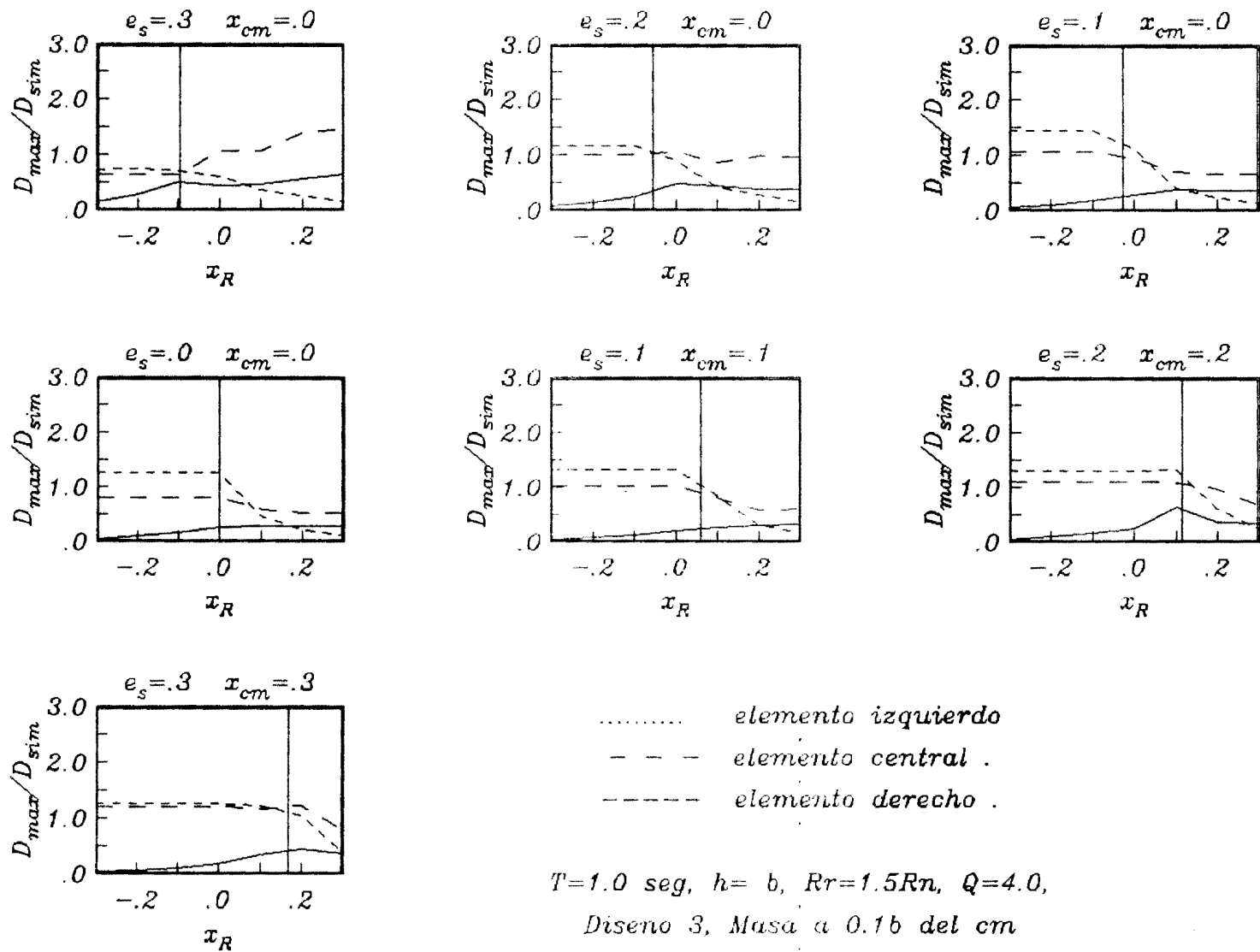
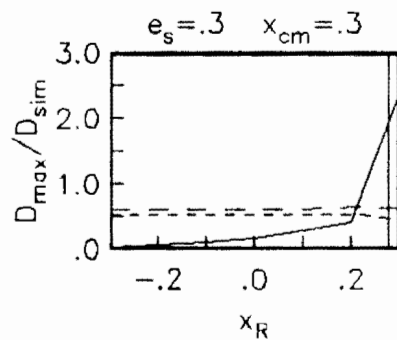
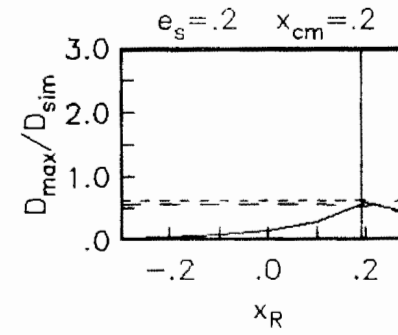
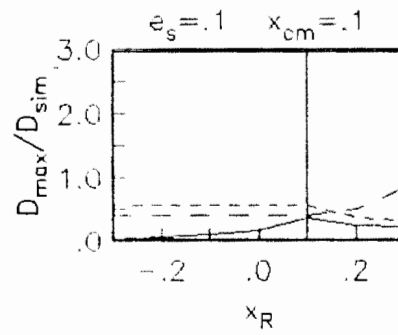
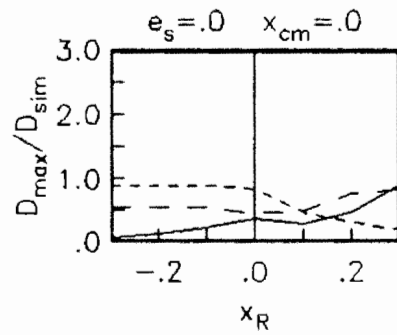
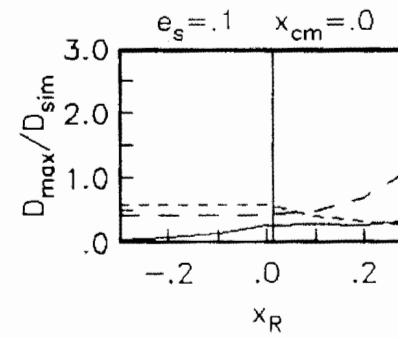
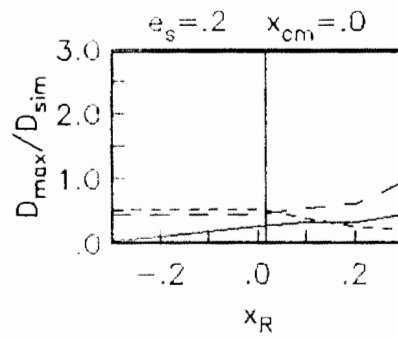
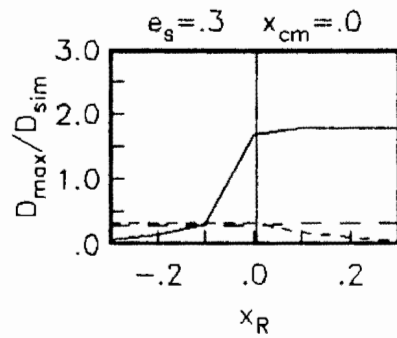


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - - - elemento derecho .

$T = 1.5 \text{ seg}$, $h = b$, $R_r = 1.5 R_n$, $Q = 4.0$,
 Diseño 1, Masa a 0.1b del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

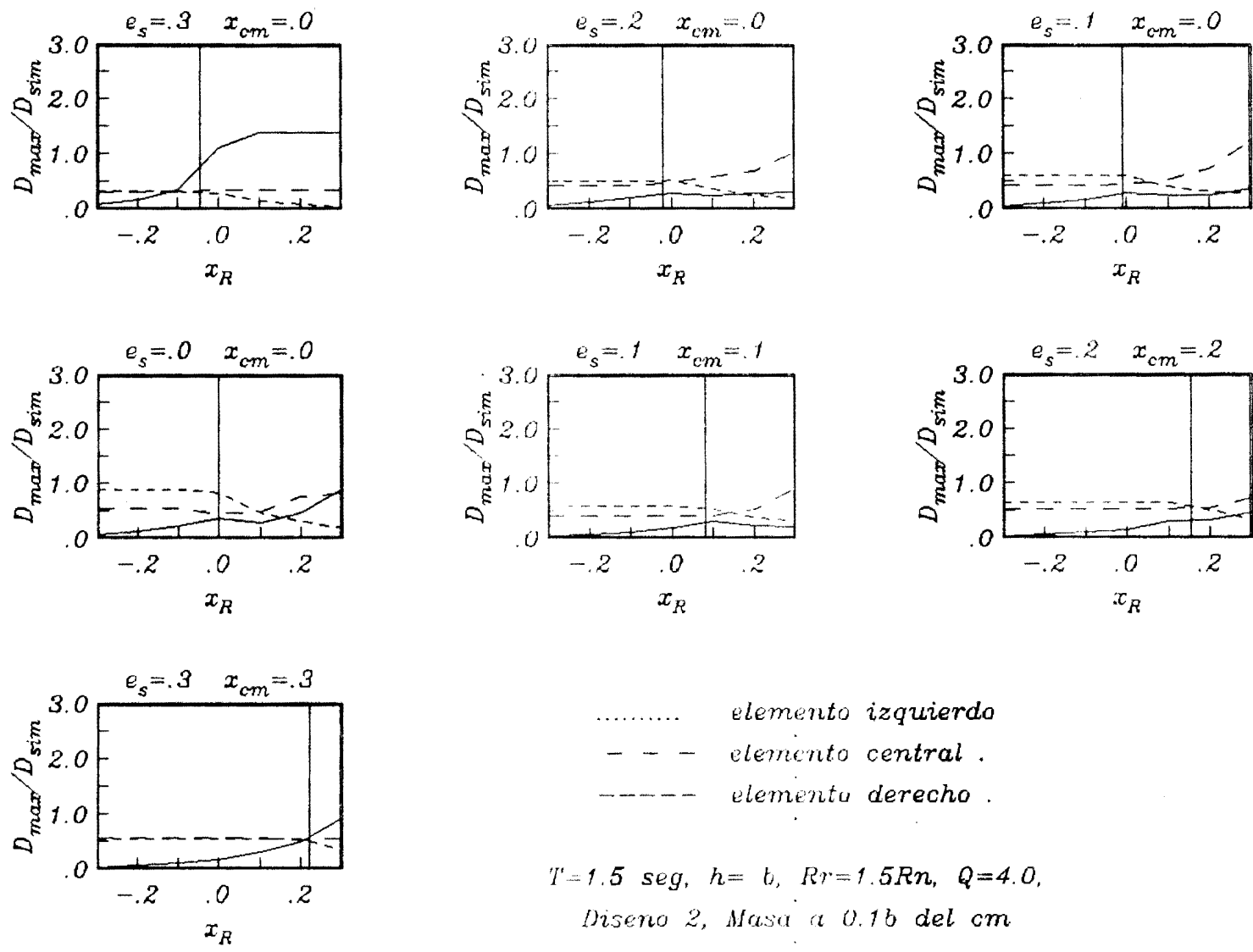


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

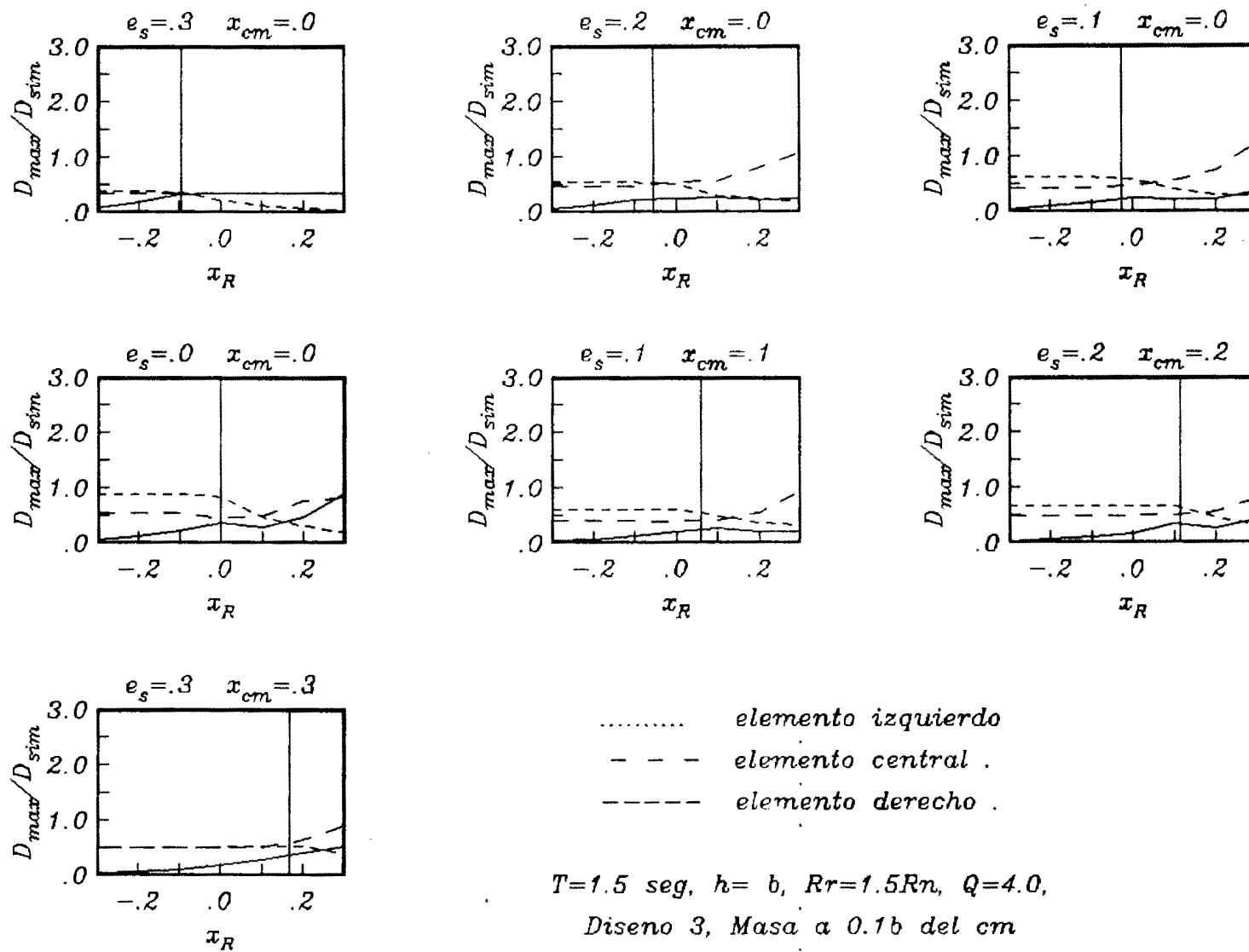


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

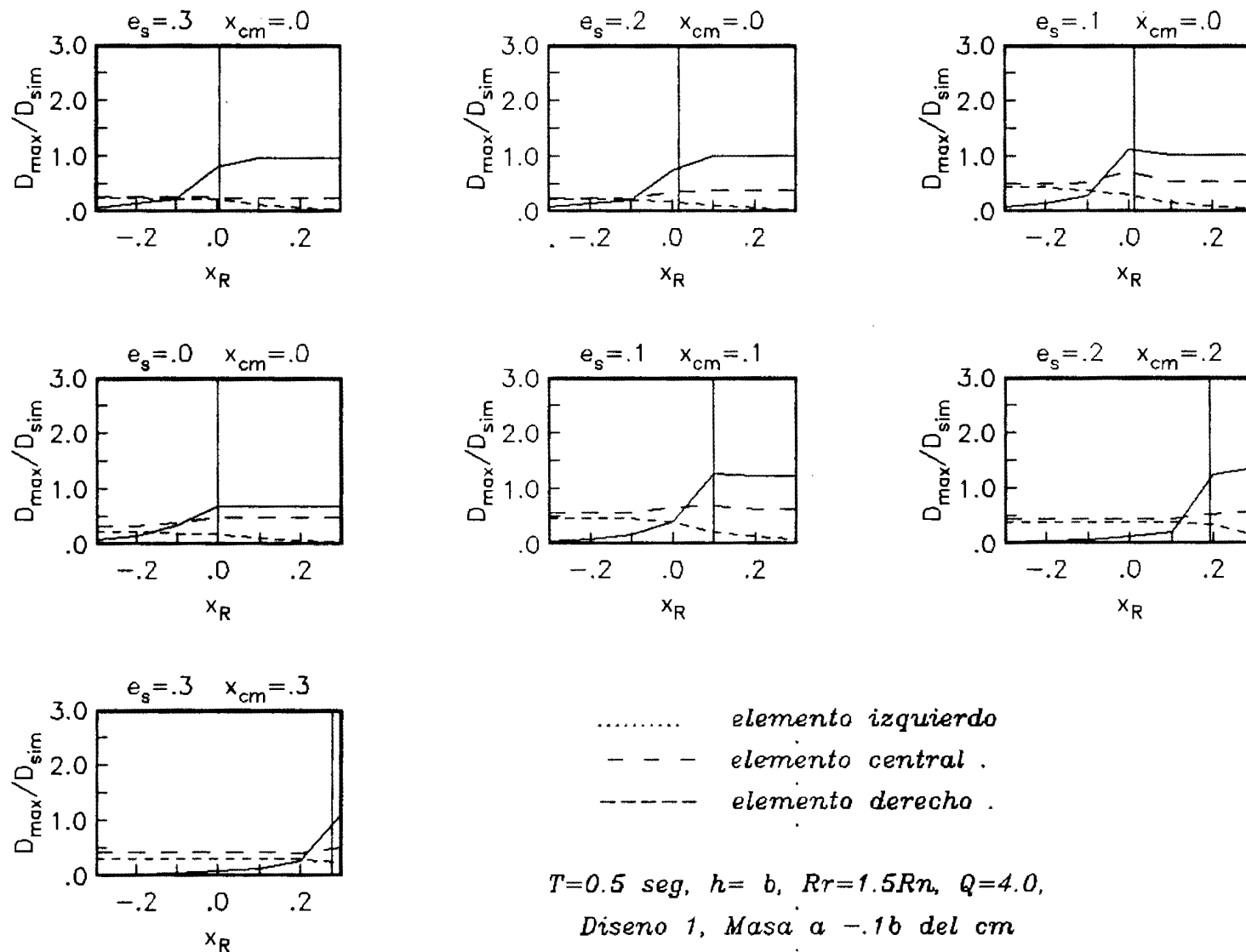
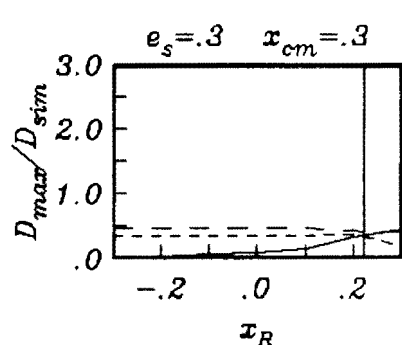
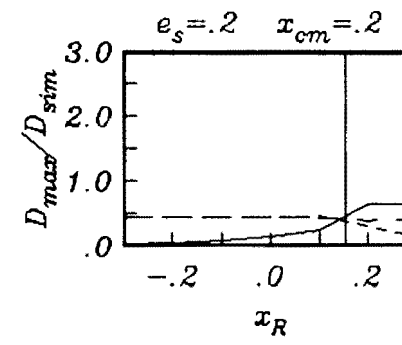
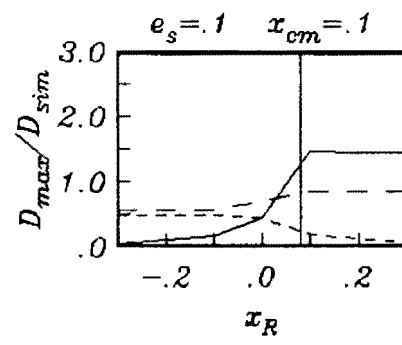
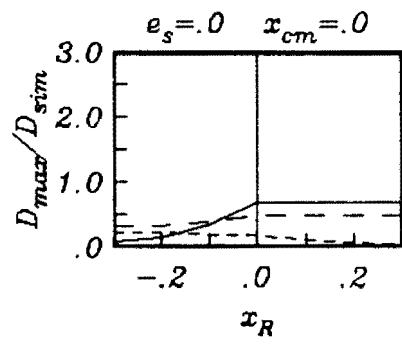
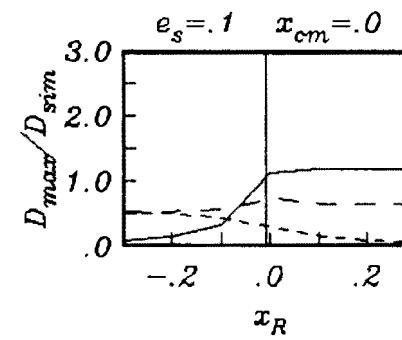
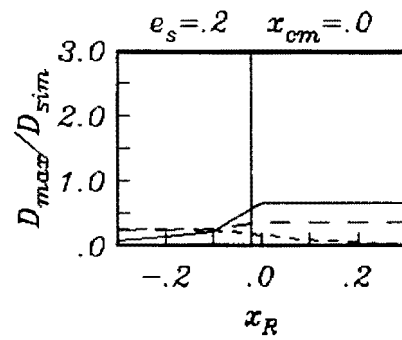
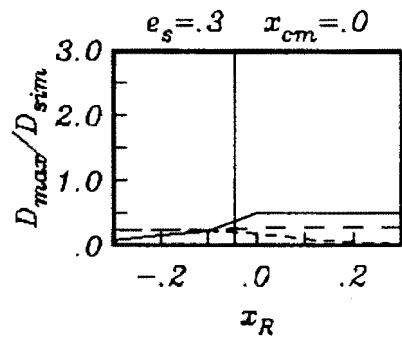


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - . - . elemento derecho .

$T=0.5$ seg, $h=b$, $R_r=1.5R_n$, $Q=4.0$,
 Diseño 2, Masa a $-0.1b$ del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

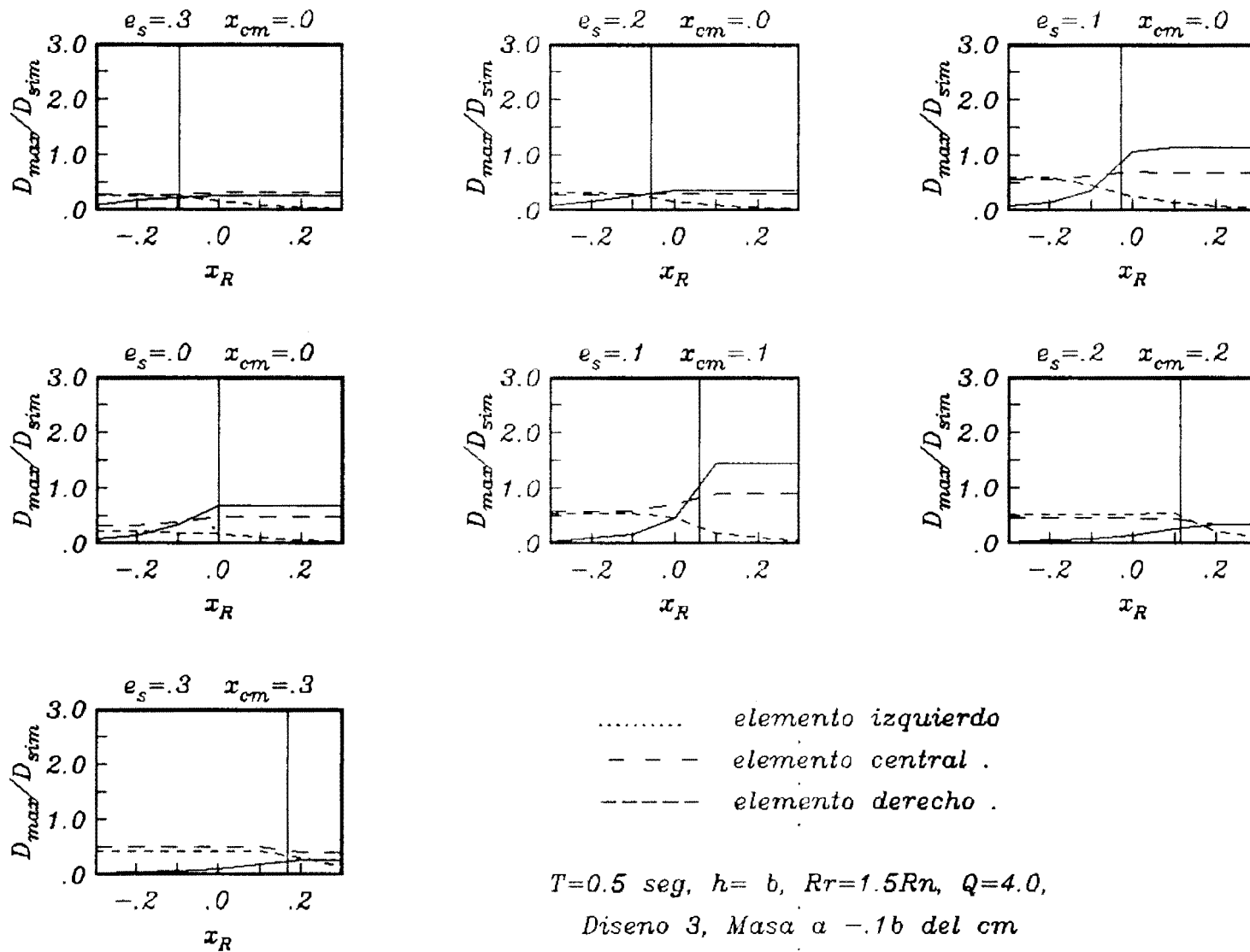


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

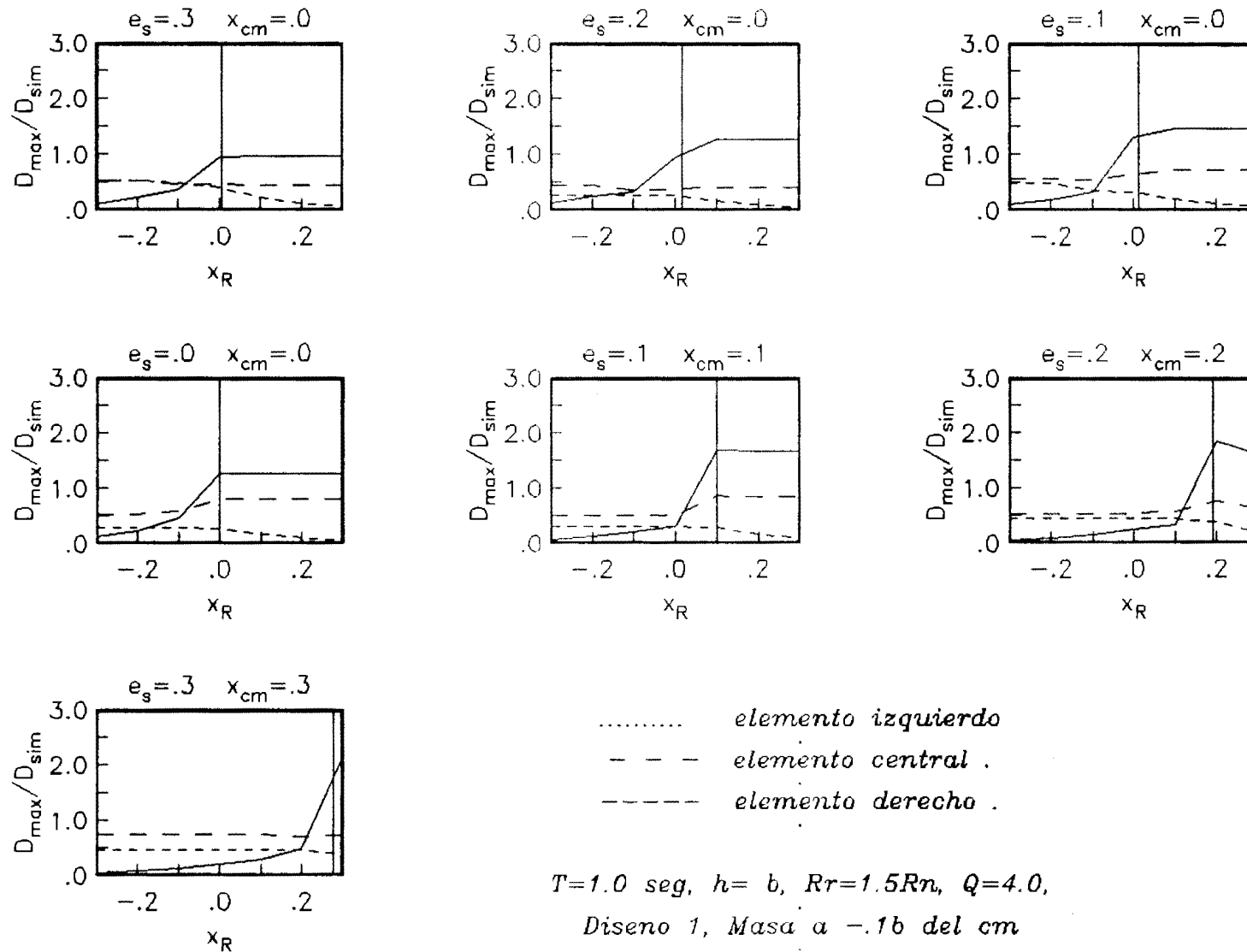
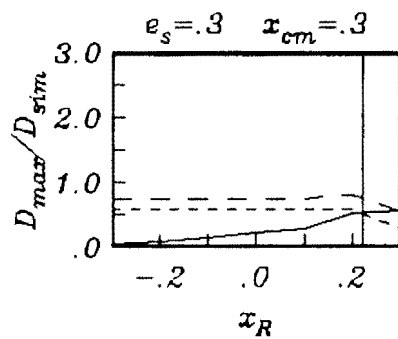
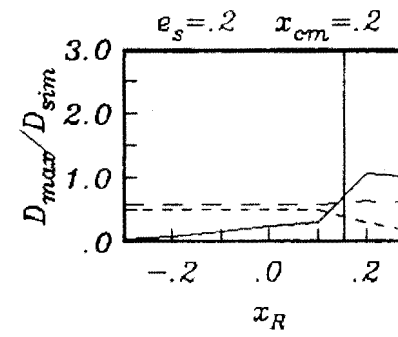
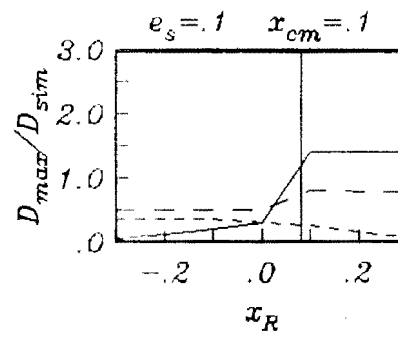
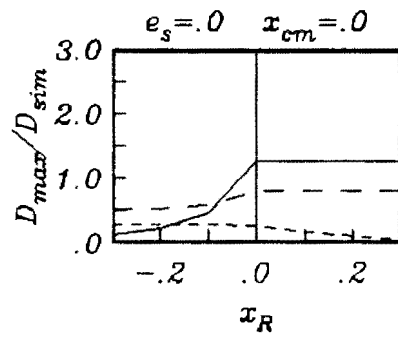
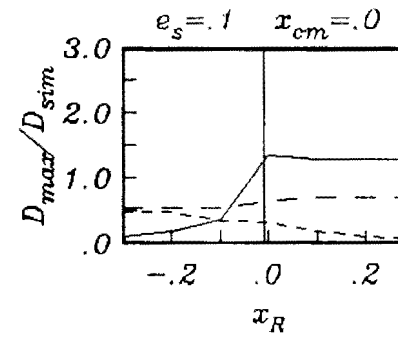
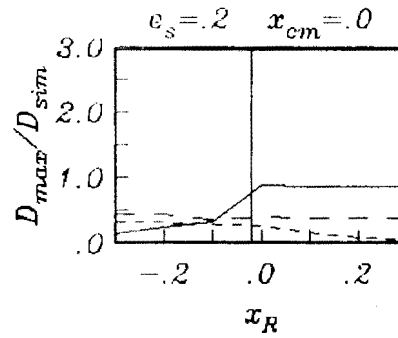
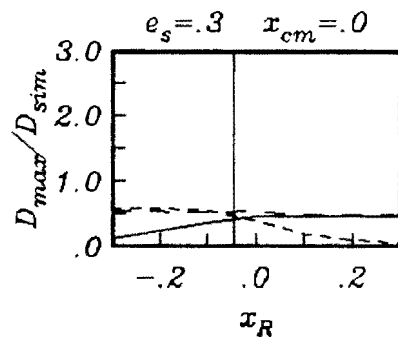


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - - - elemento derecho .

$T = 1.0 \text{ seg}$, $h = b$, $R_r = 1.5R_n$, $Q = 4.0$,
 Diseño 2, Masa a $-0.1b$ del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

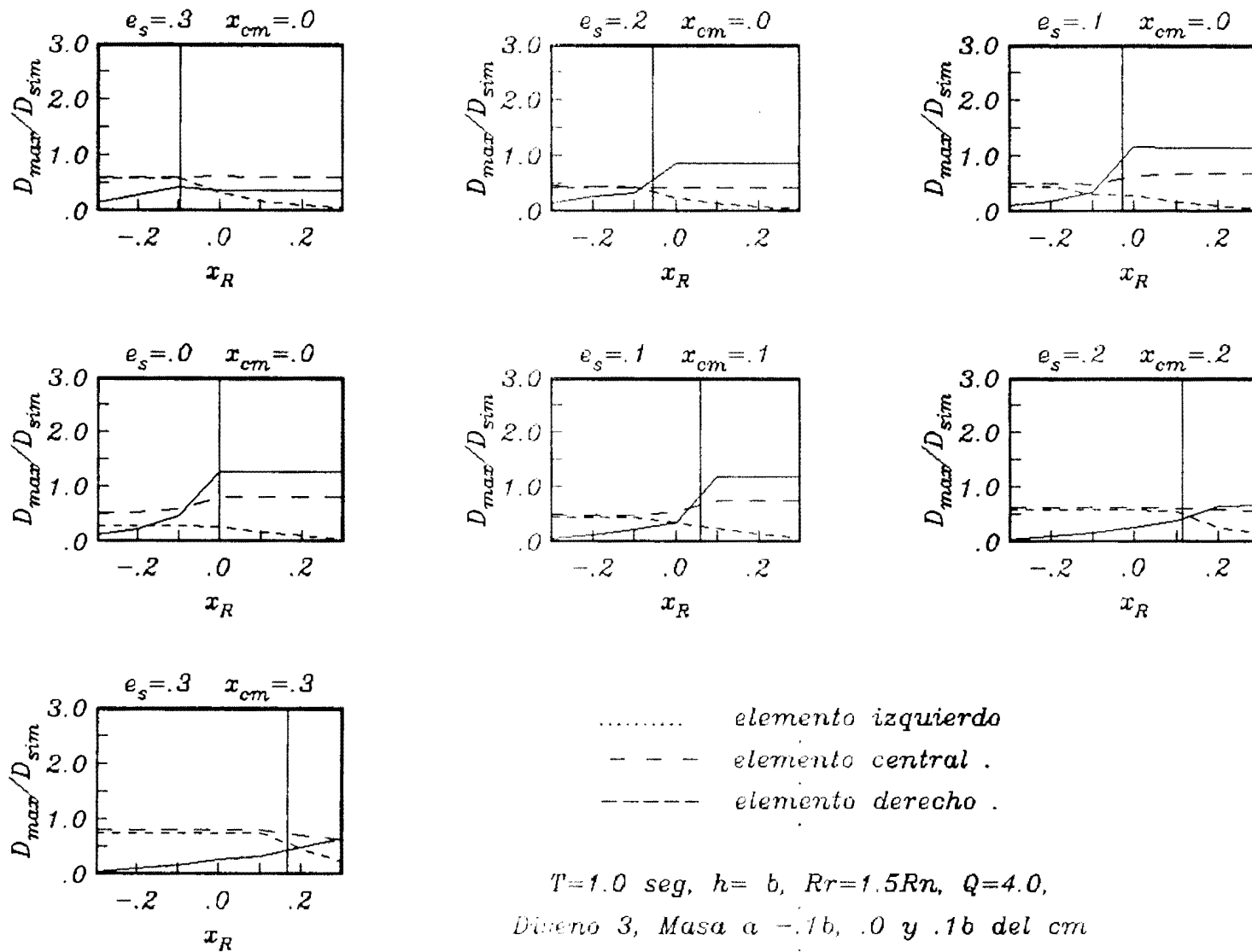


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

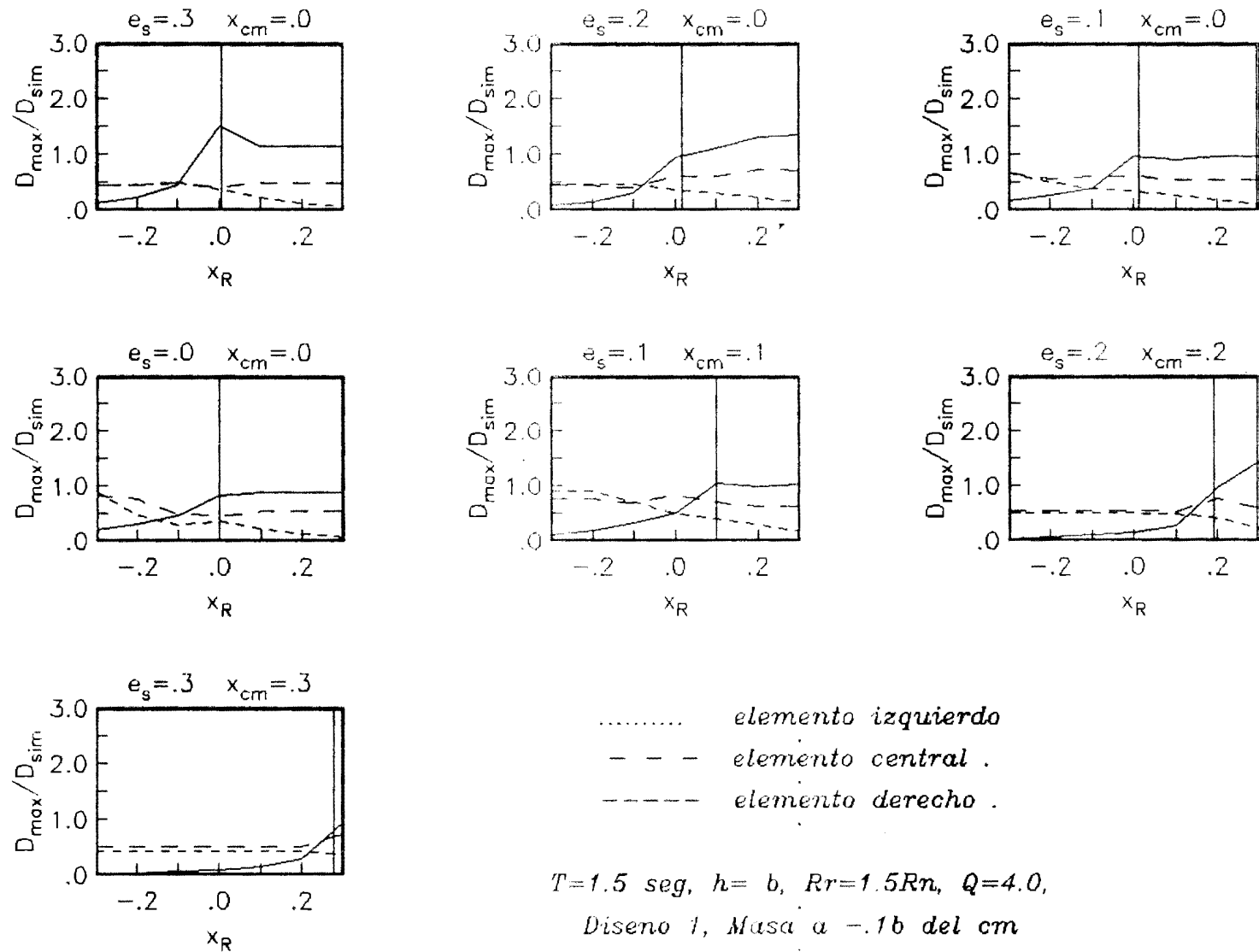


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

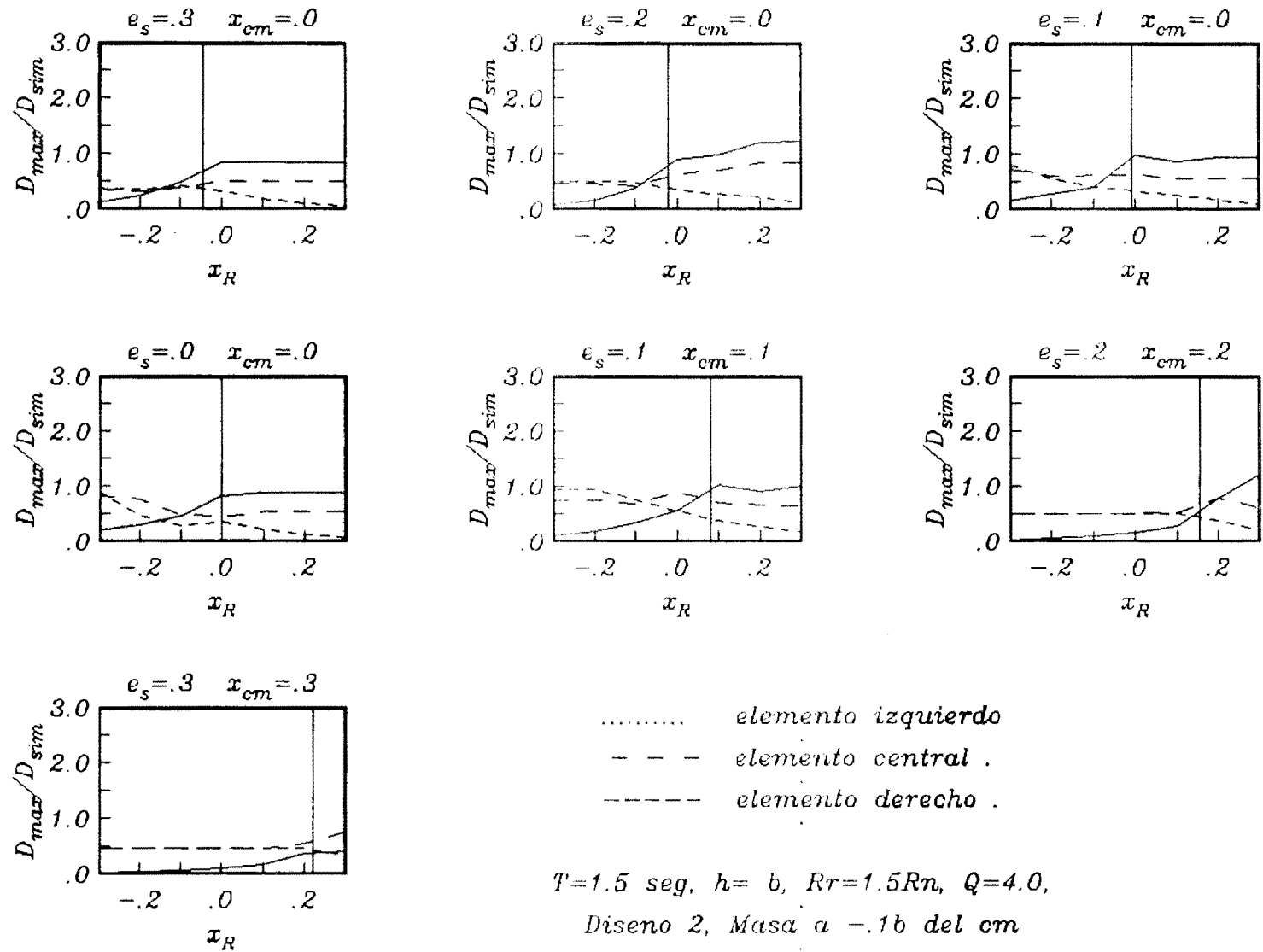


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

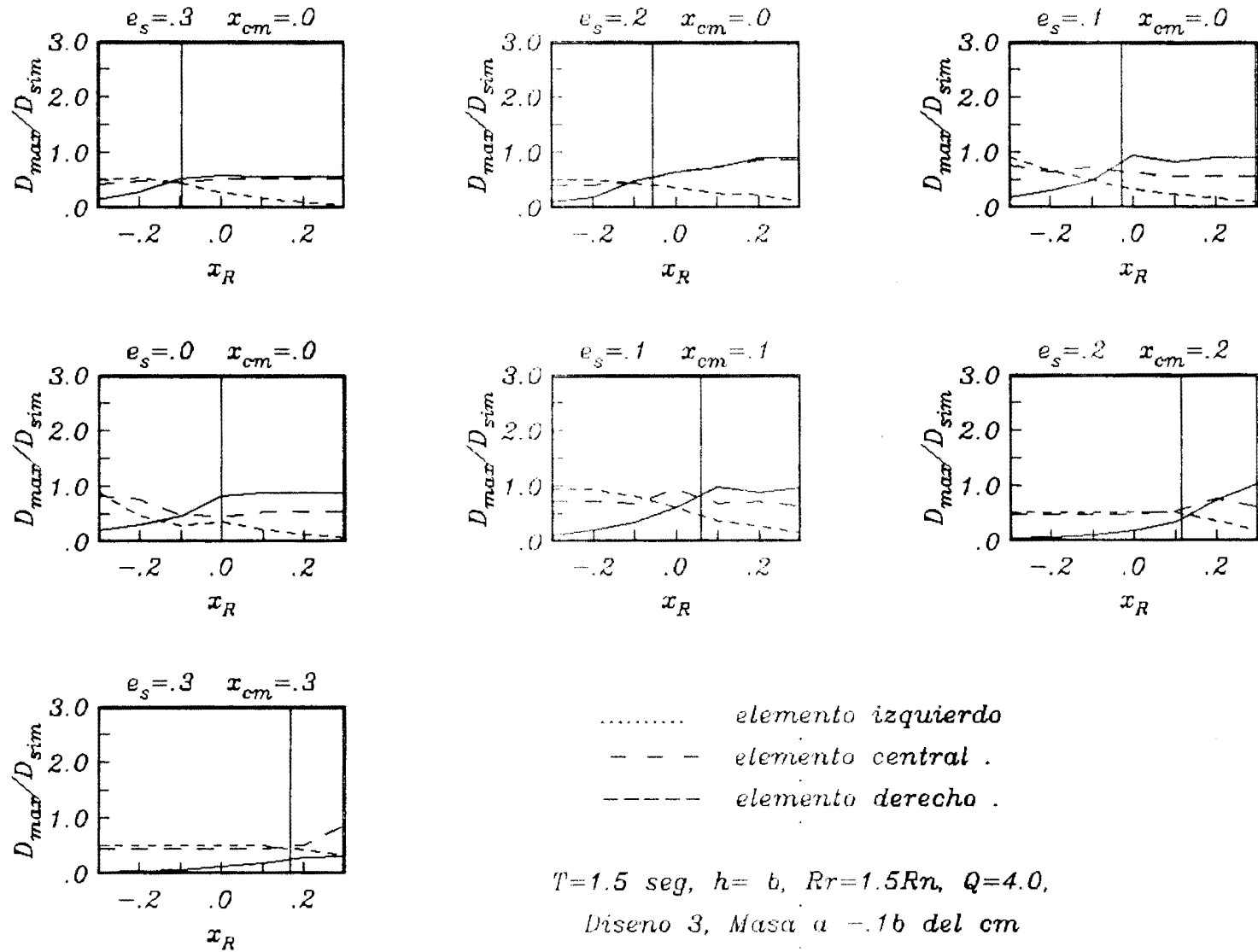


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

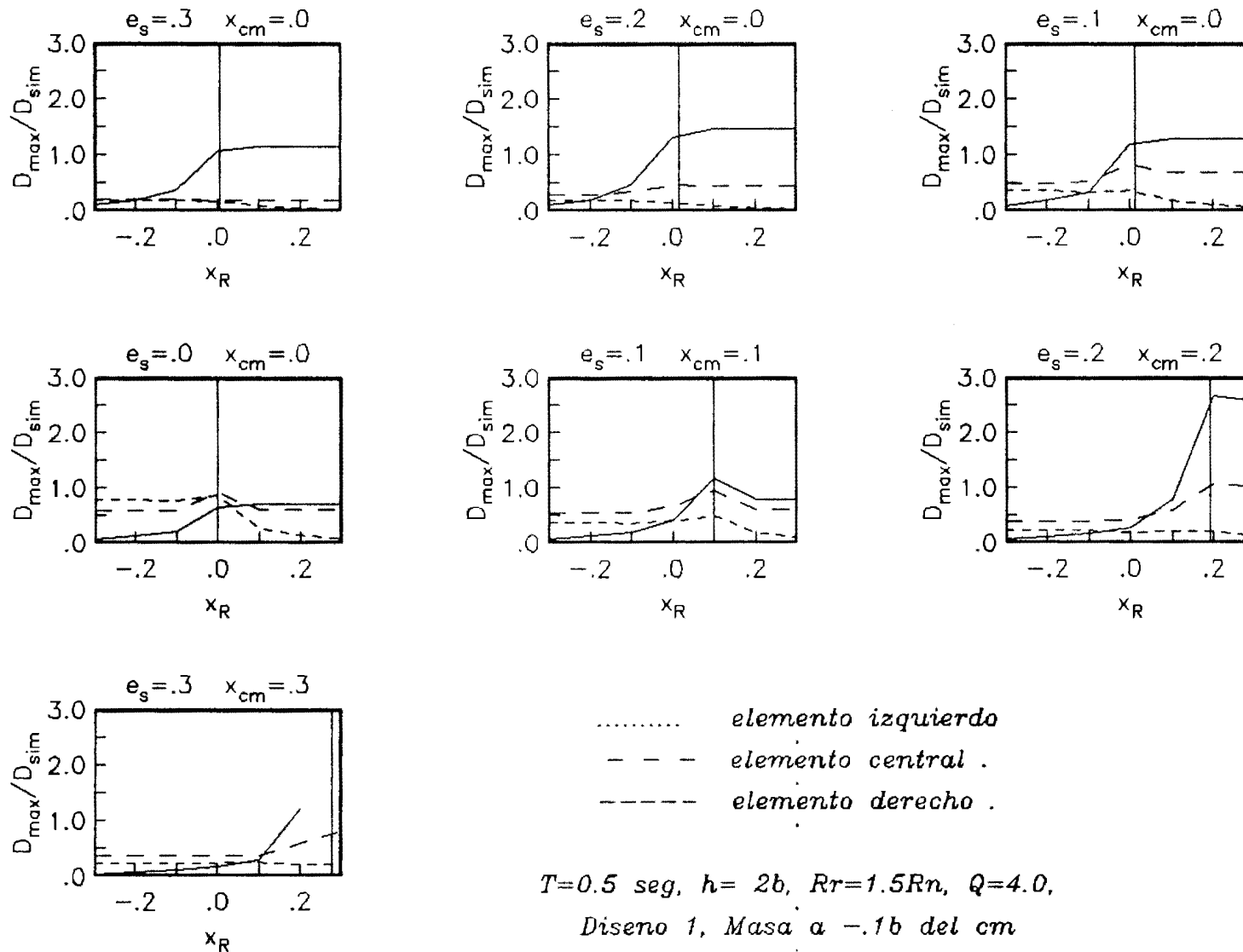


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

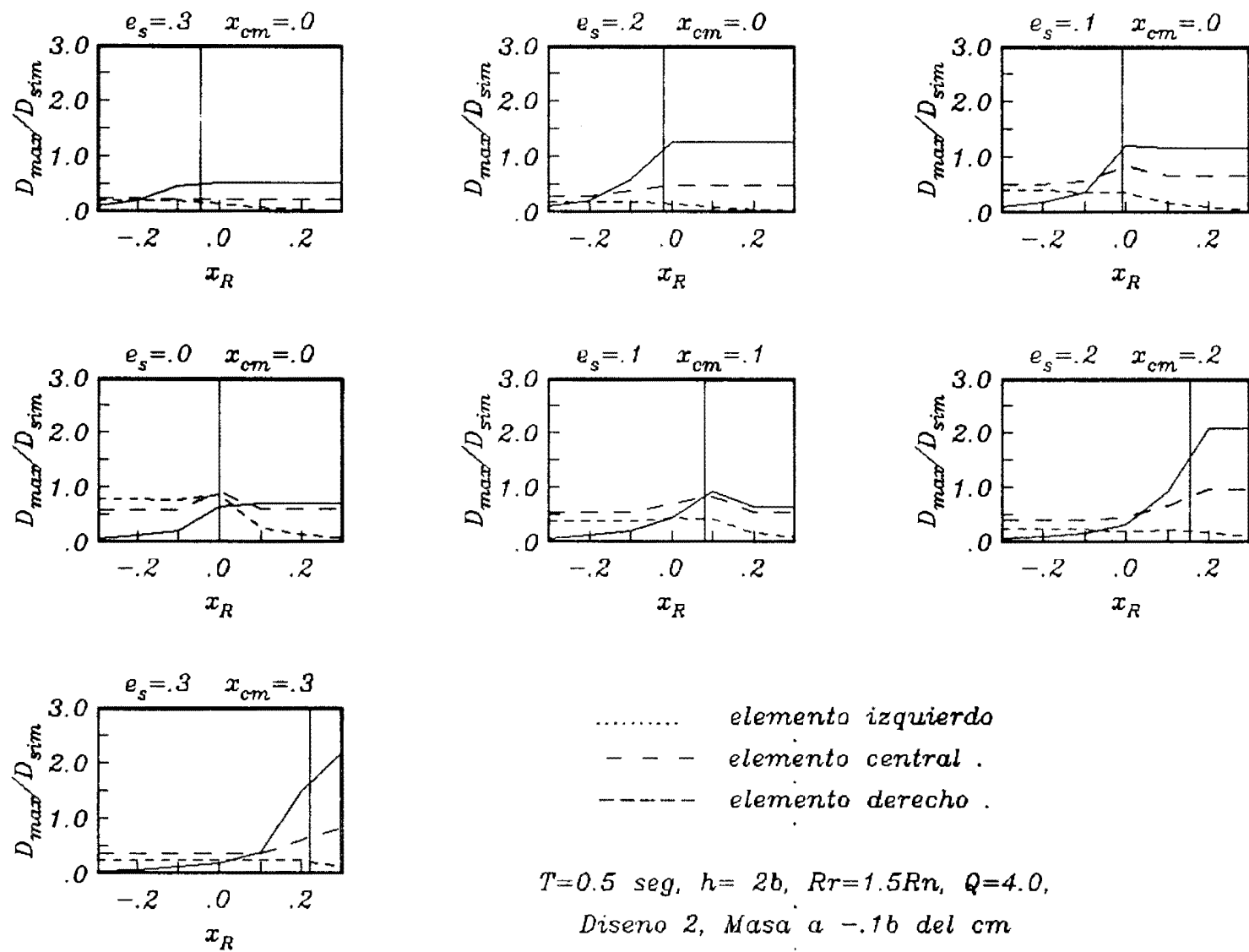


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

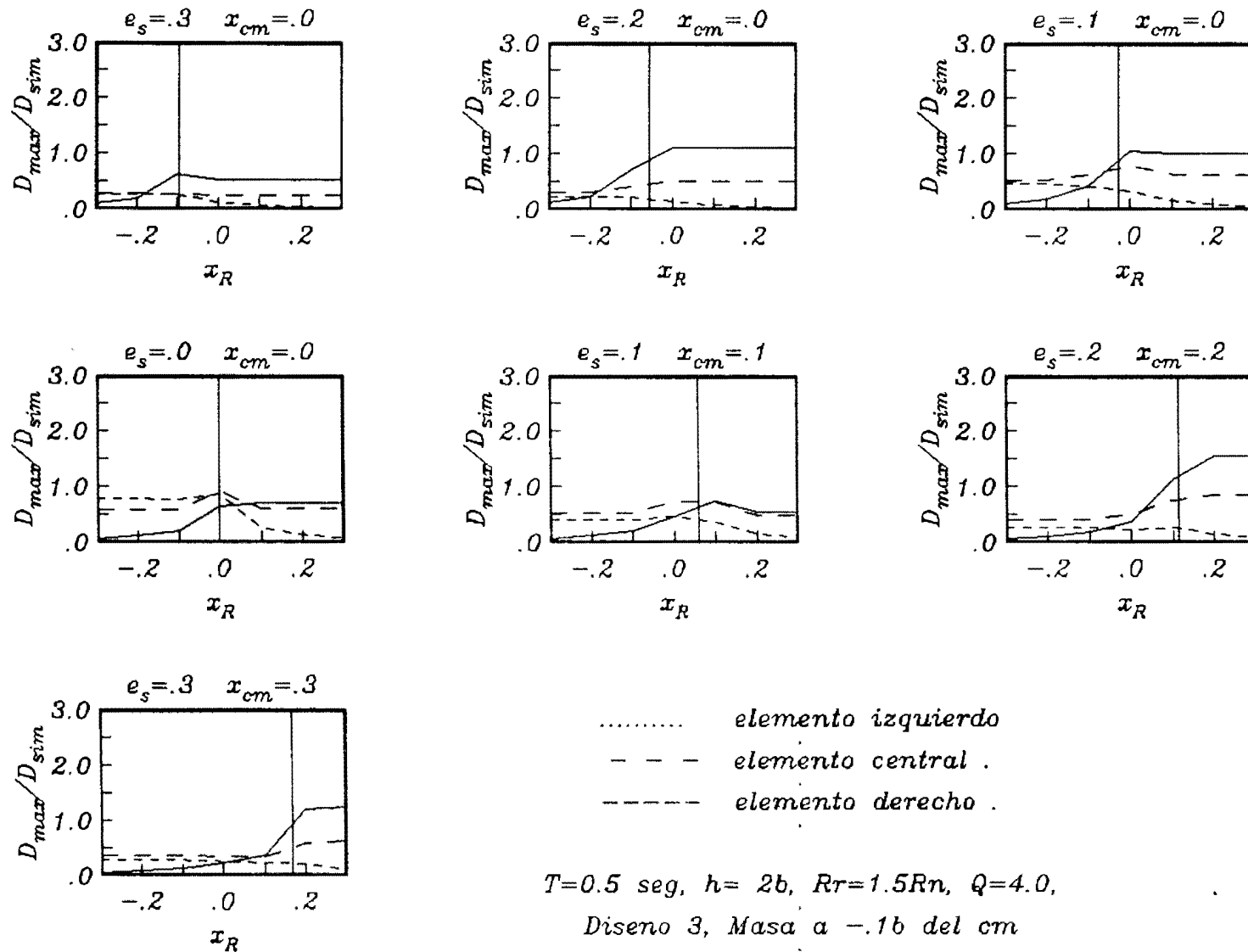


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

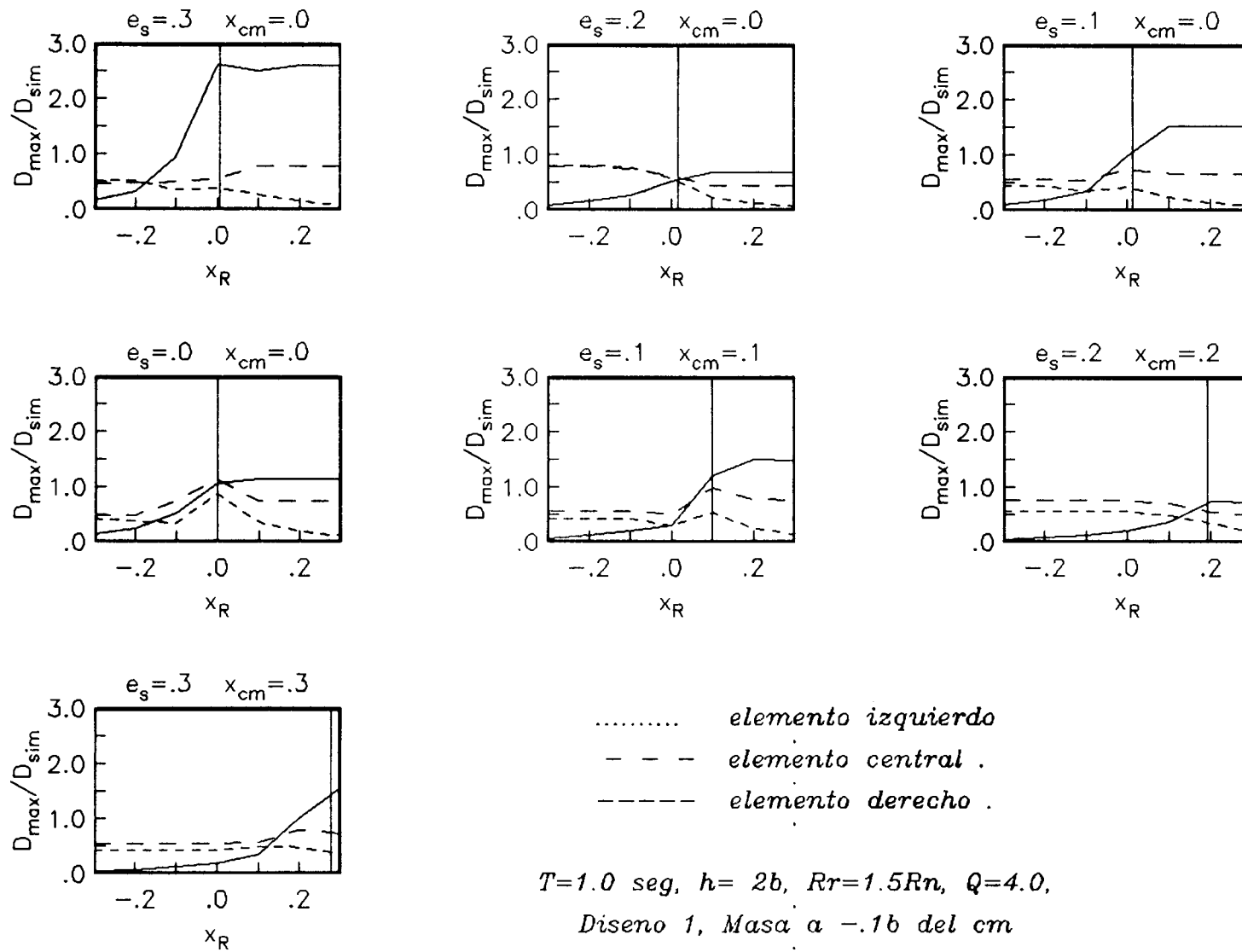


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

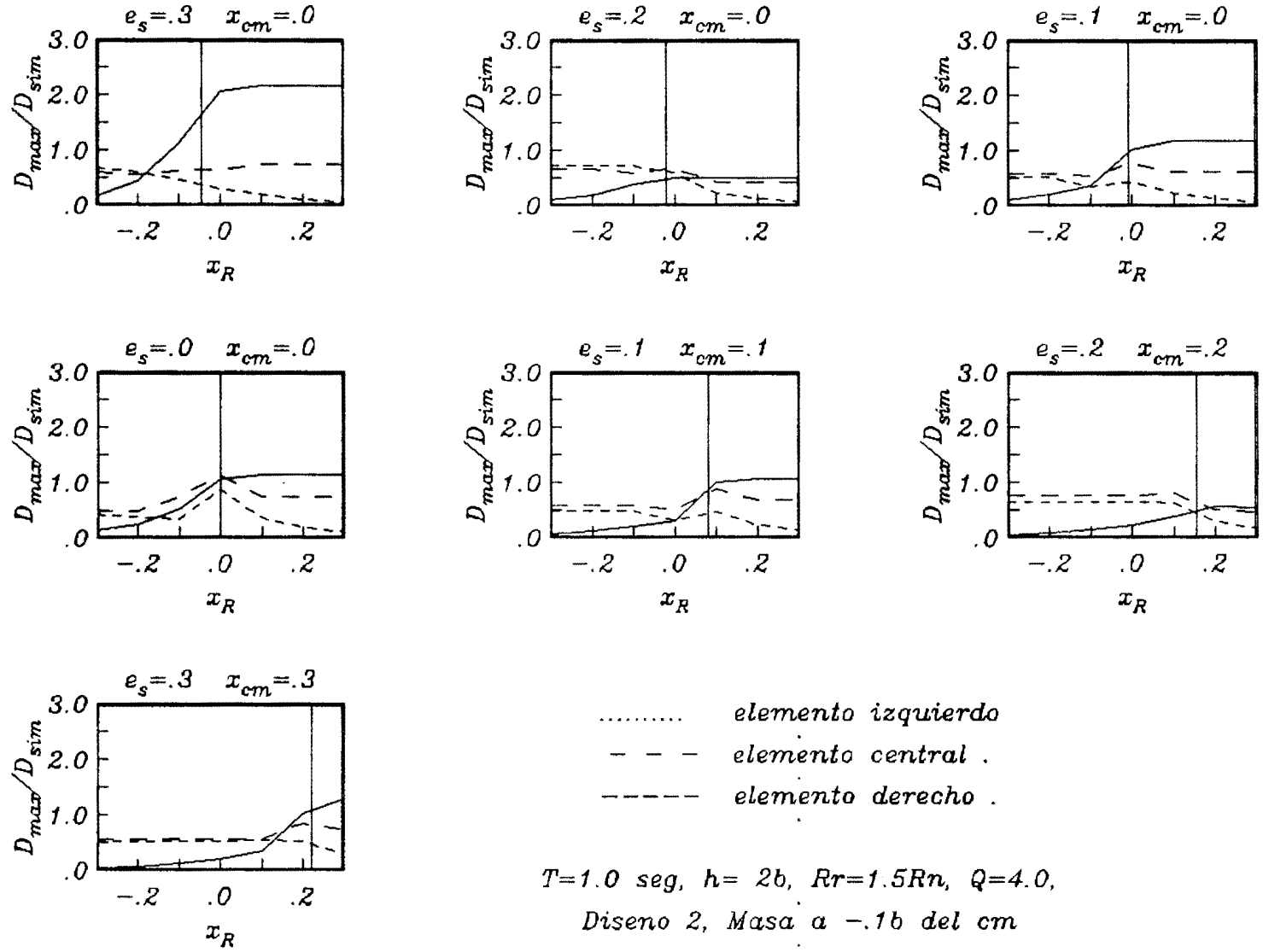


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

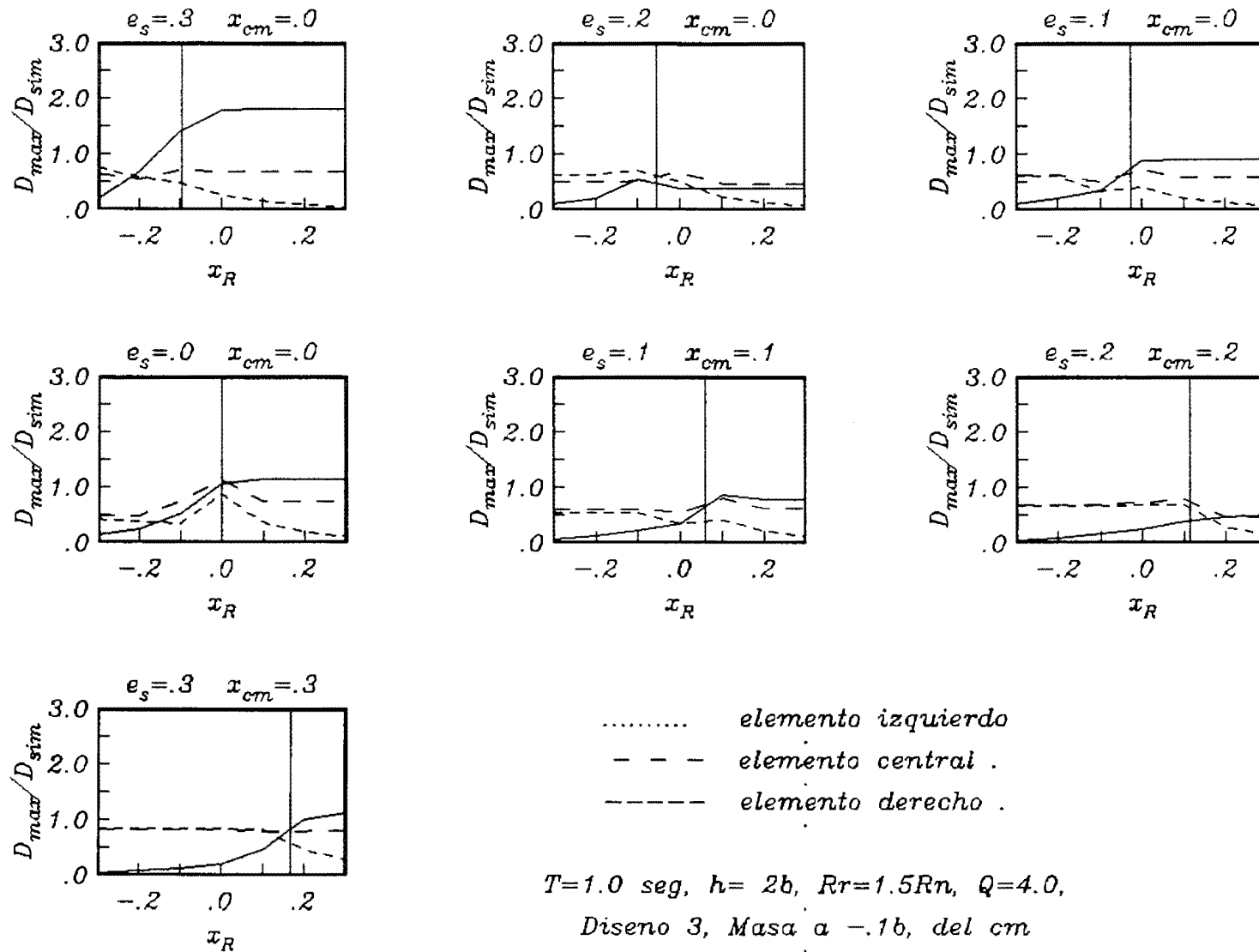


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

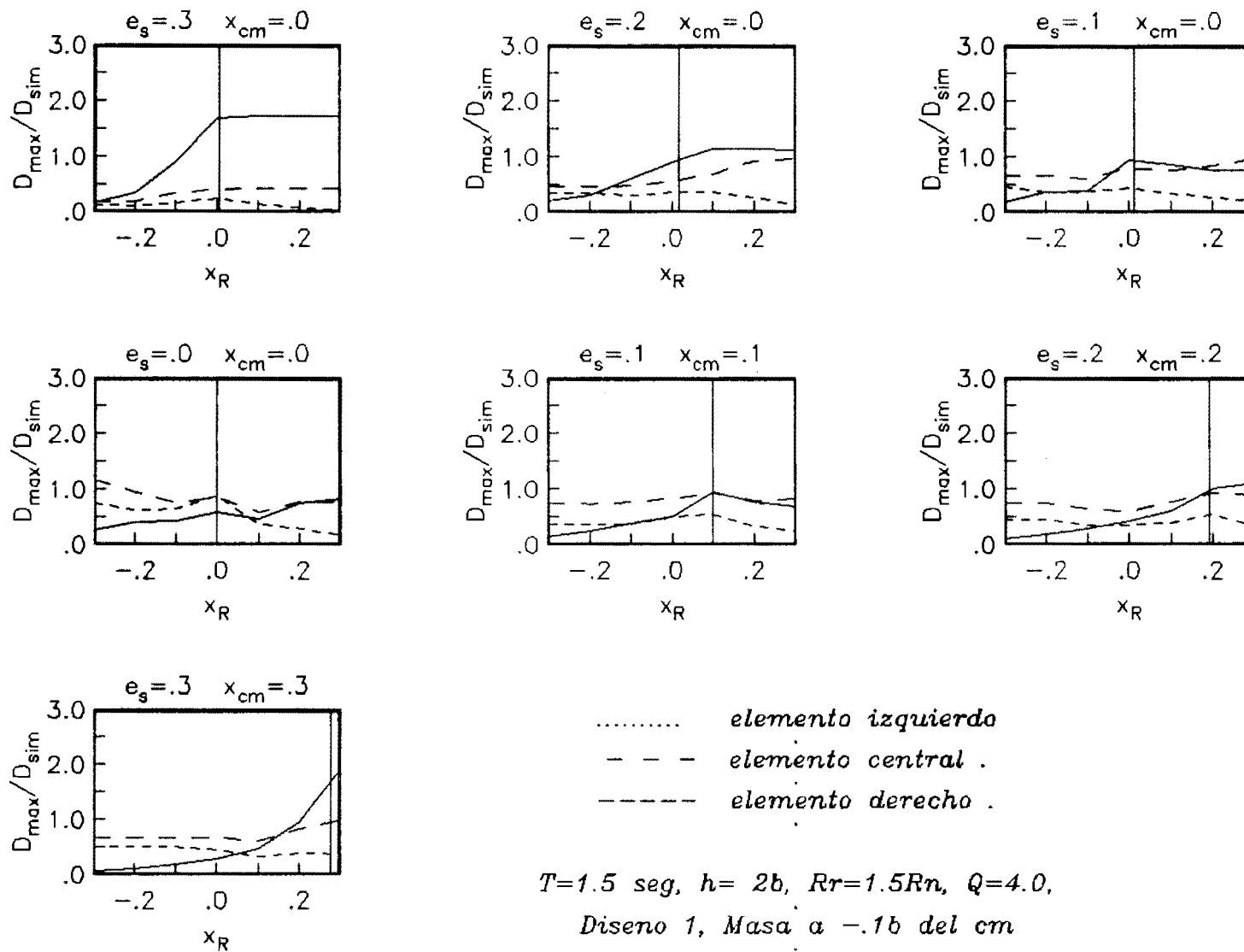


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

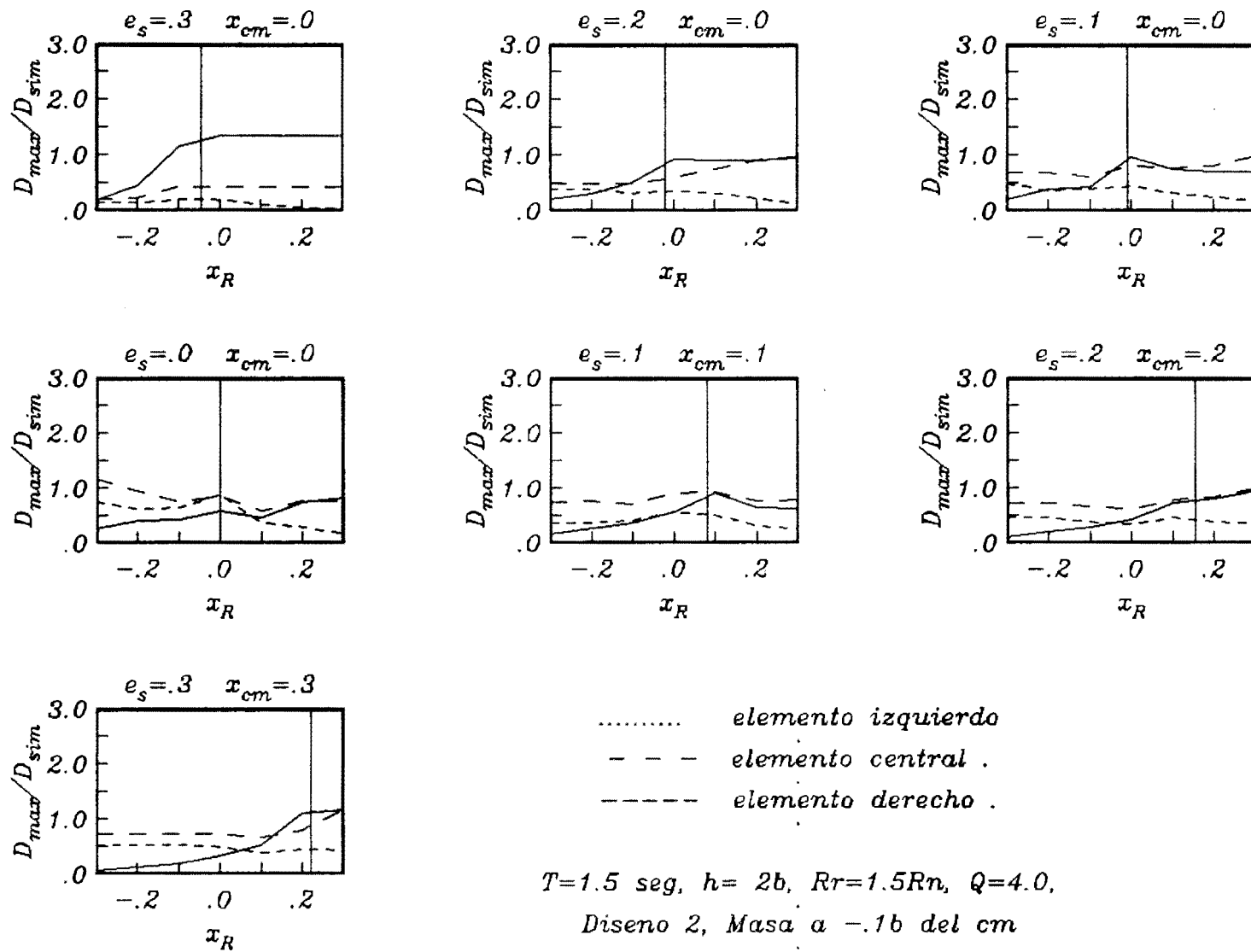


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

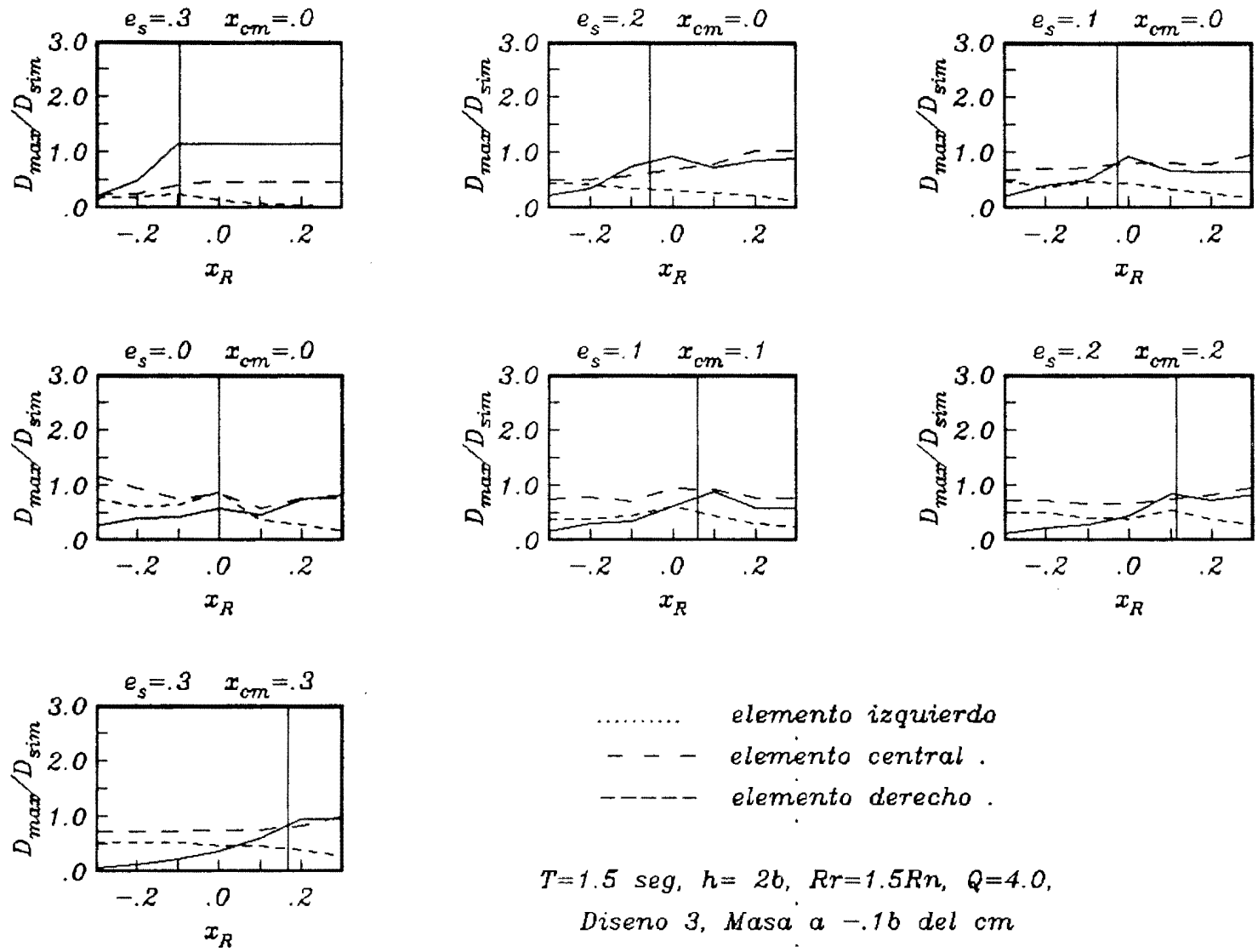


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

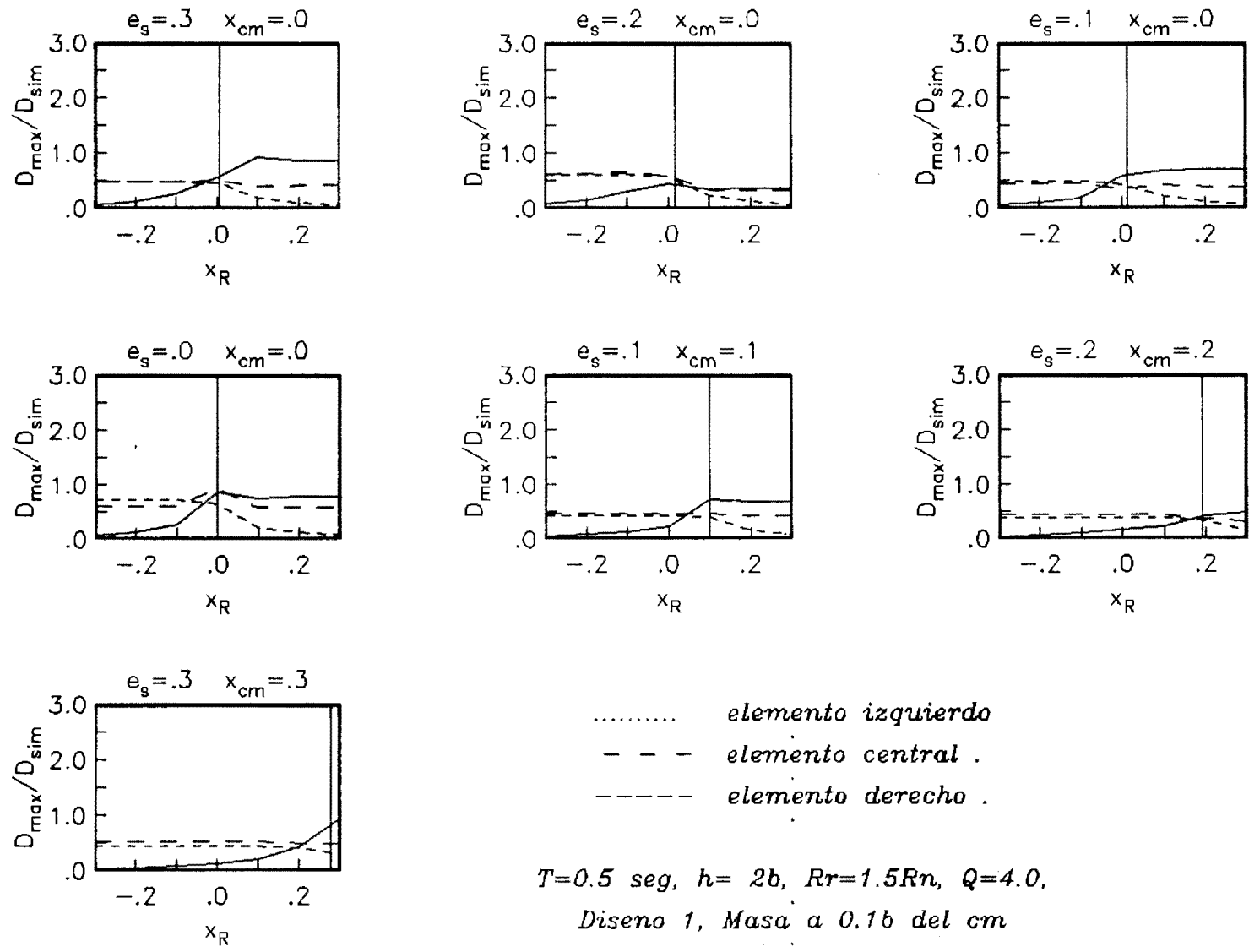


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

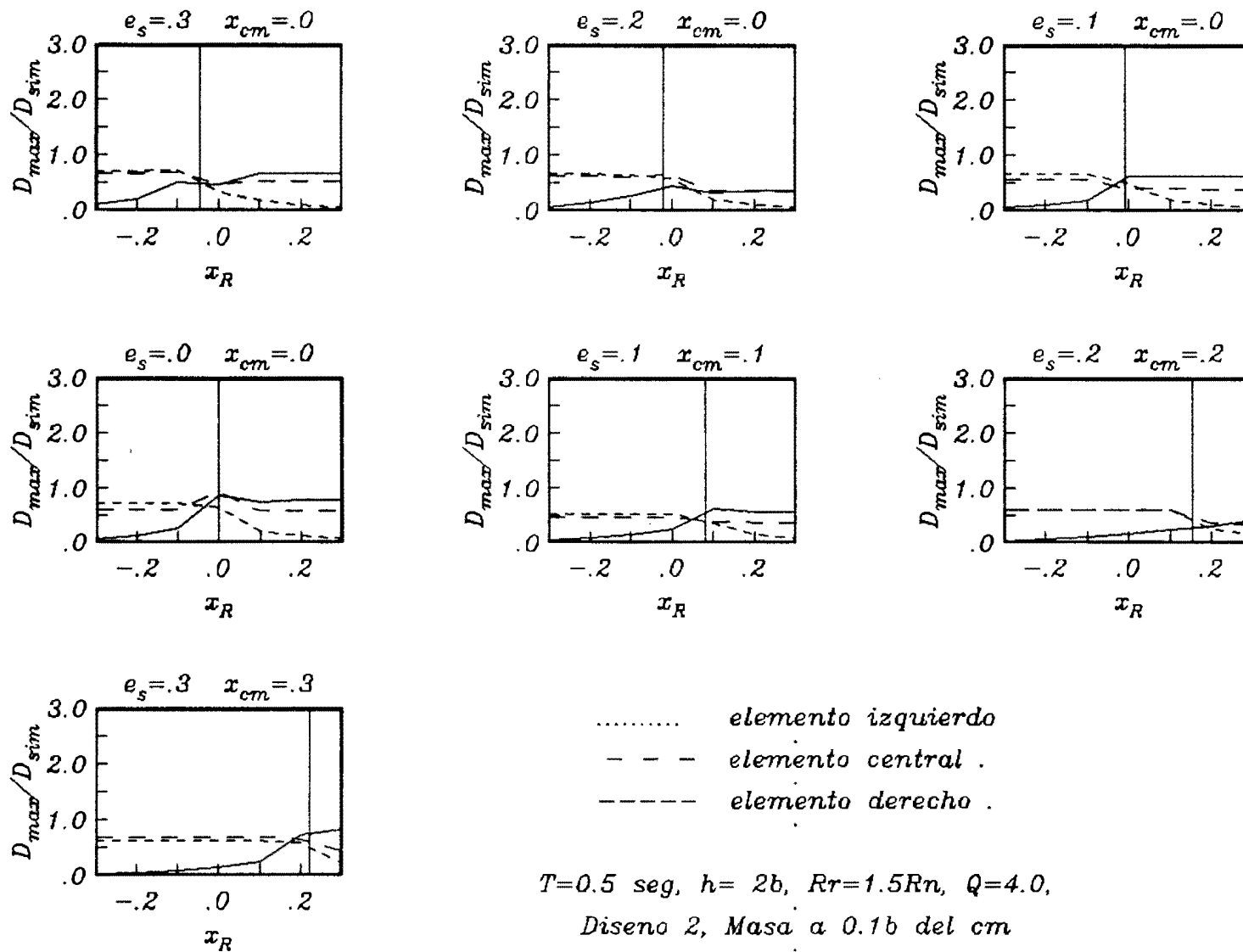
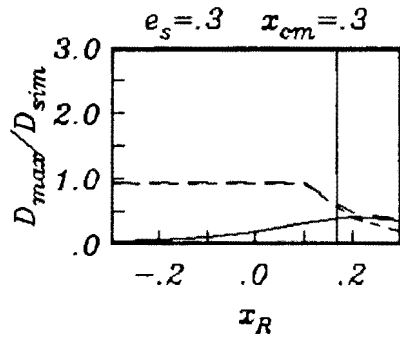
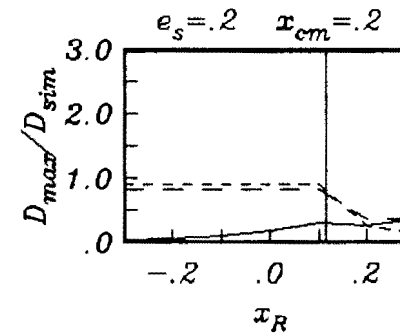
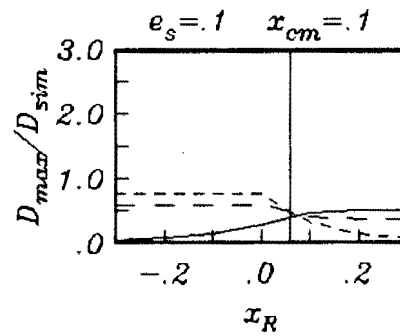
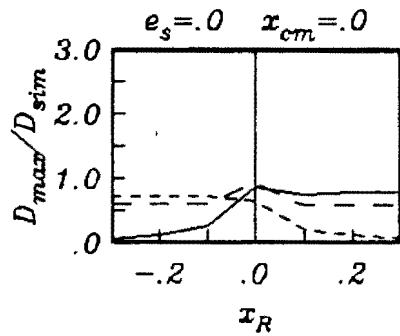
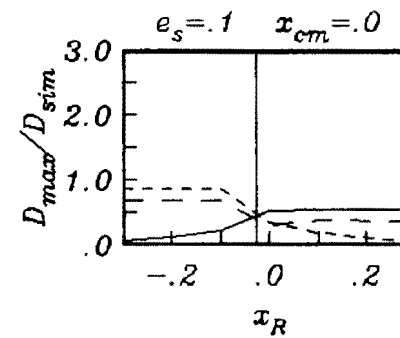
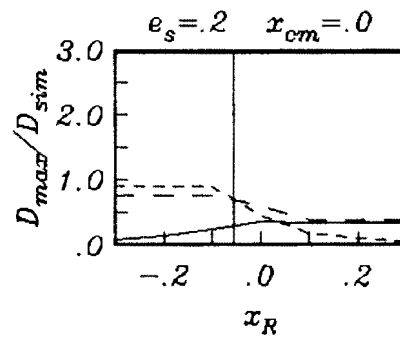
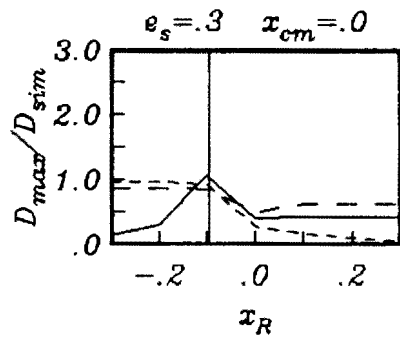


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - . - elemento derecho .

$T = 0.5 \text{ seg}, h = 2b, R_r = 1.5R_n, Q = 4.0,$

Diseno 3, Masa a 0.1b del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

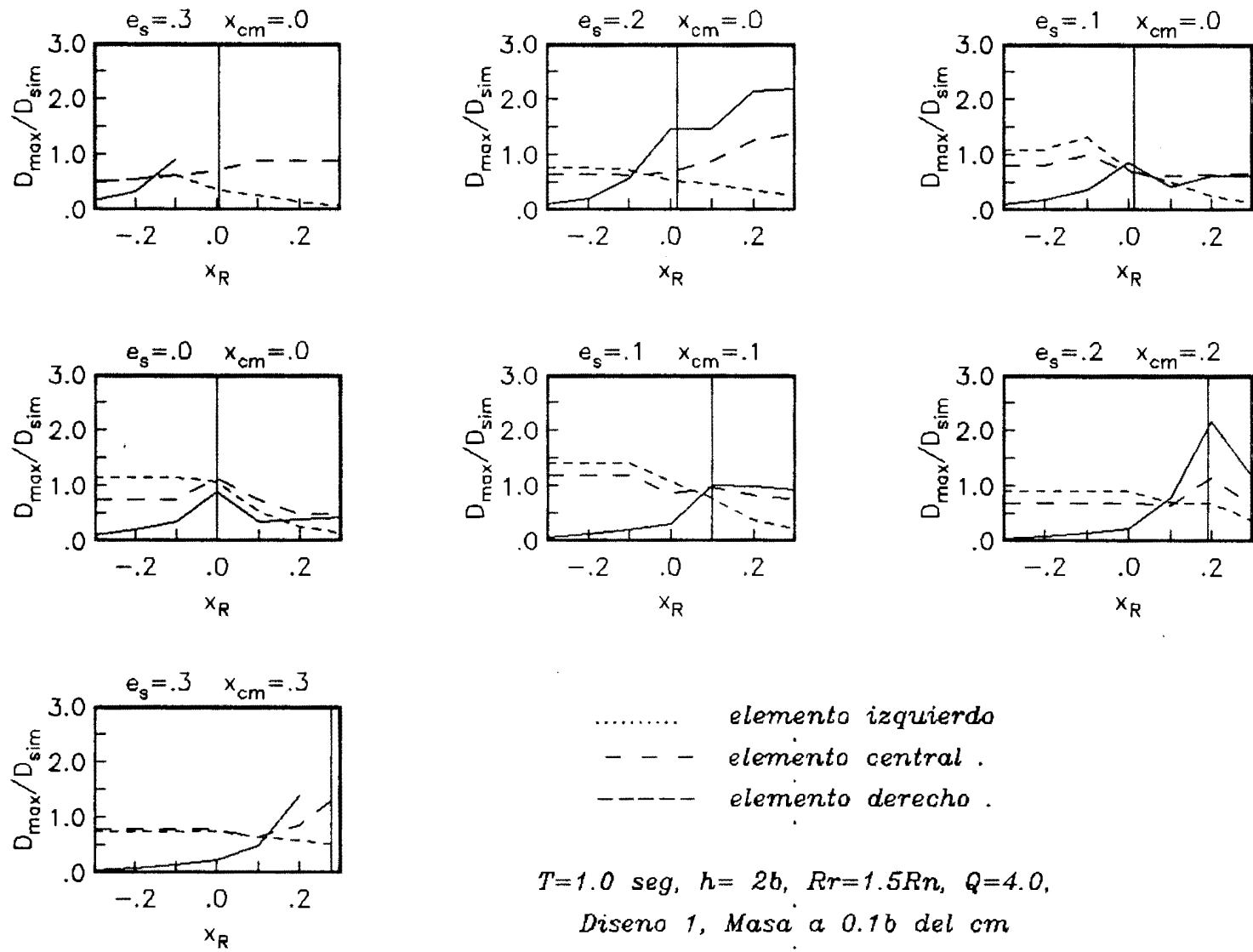


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

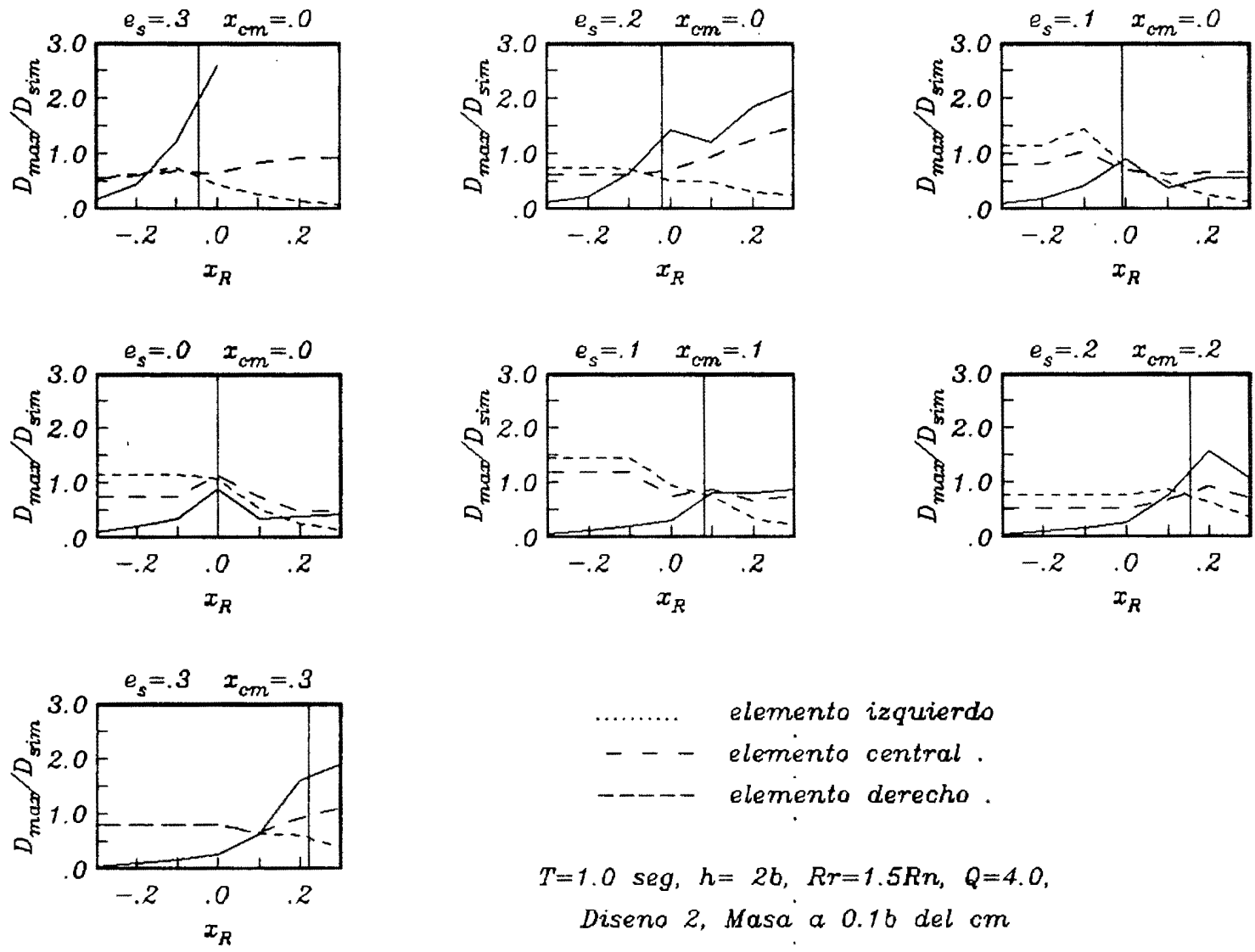
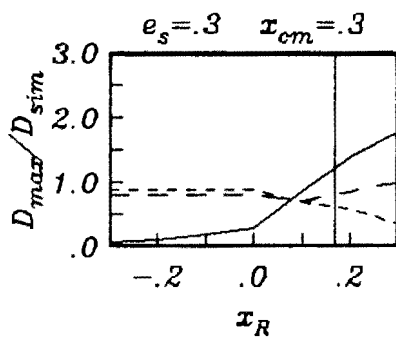
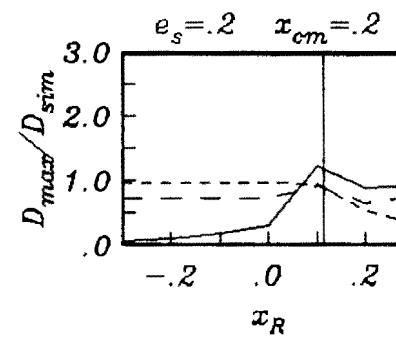
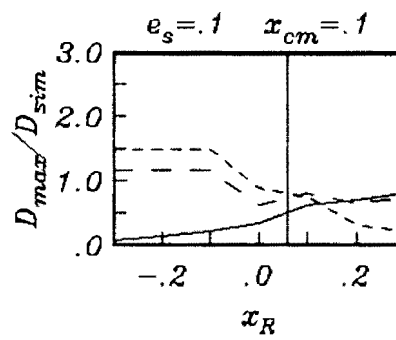
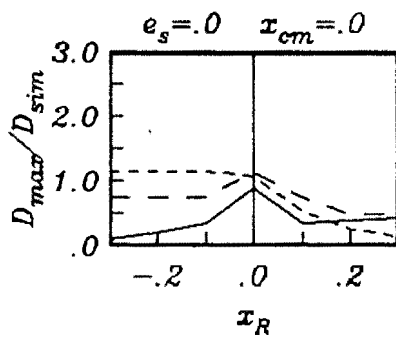
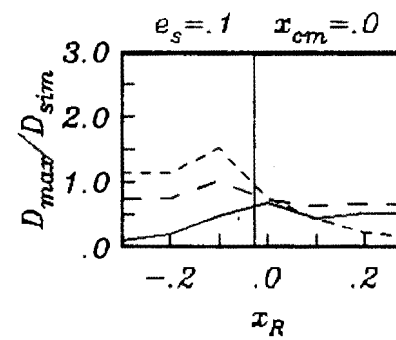
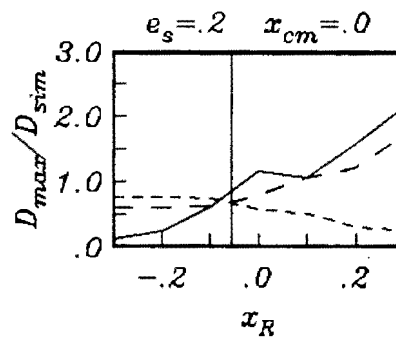
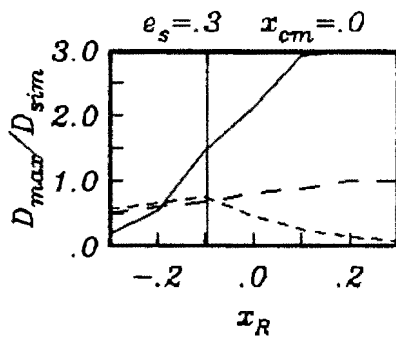


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - . - . elemento derecho .

$T = 1.0 \text{ seg}$, $h = 2b$, $R_r = 1.5R_n$, $Q = 4.0$,
 Diseno 3, Masa a 0.1b del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

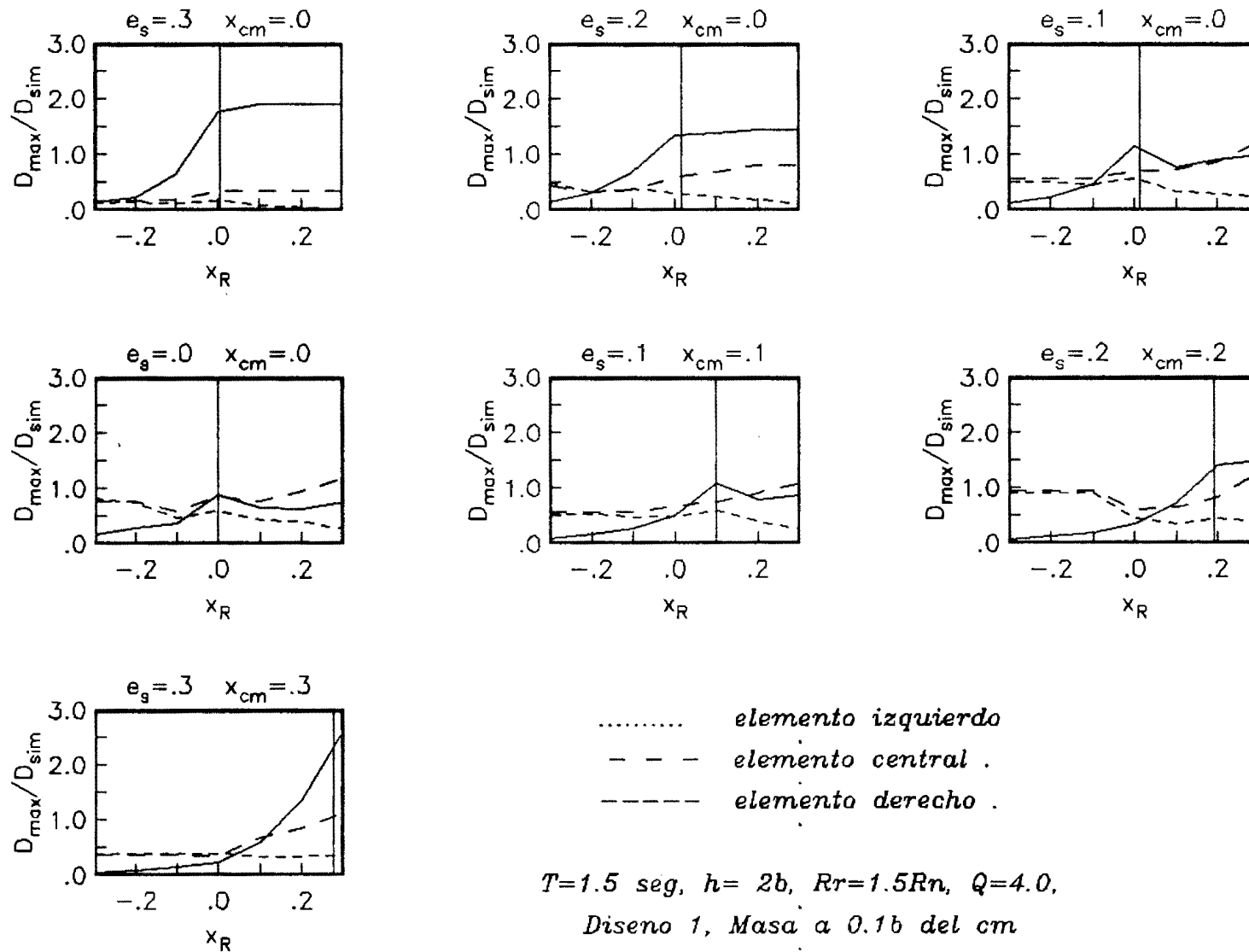


Figura . Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

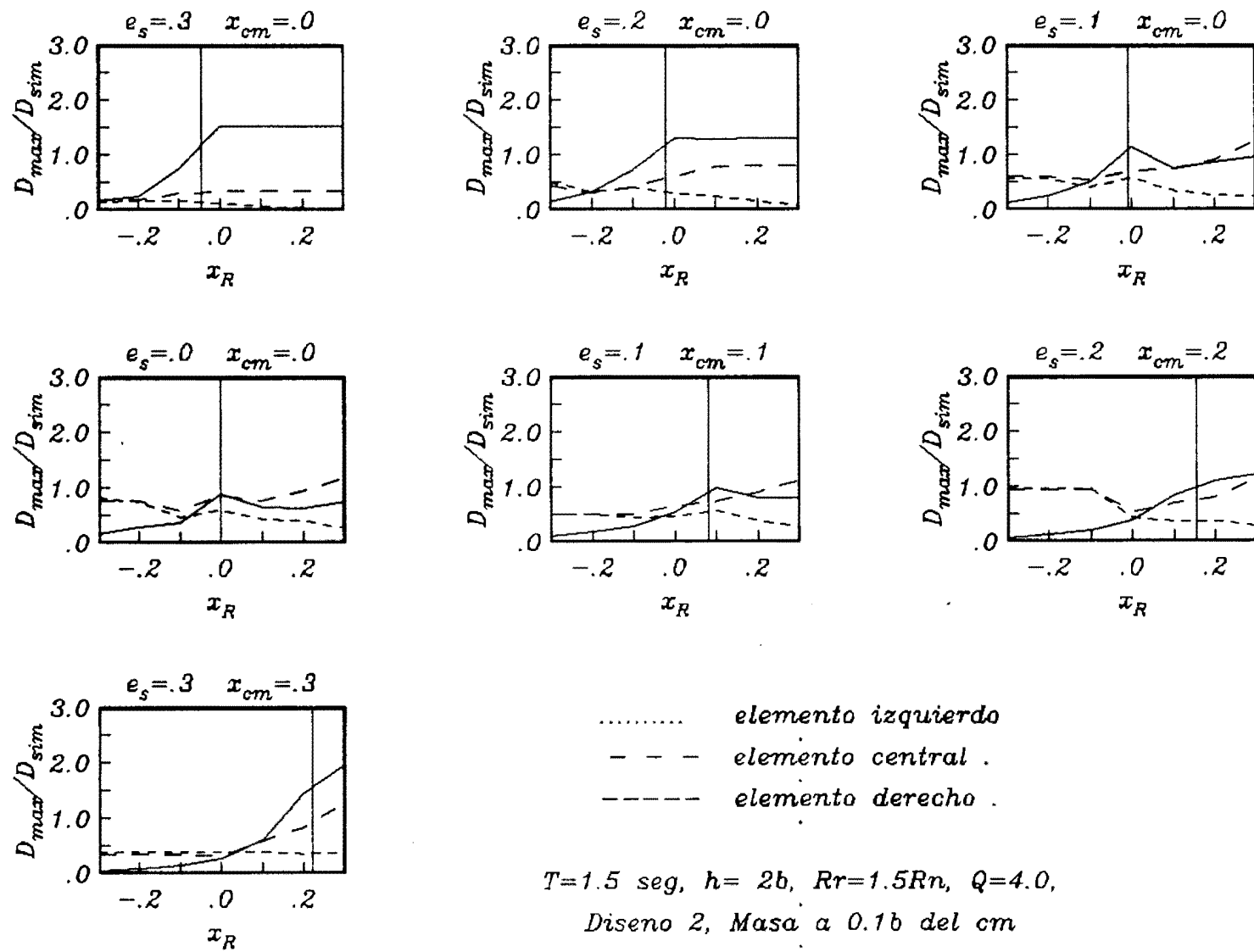


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

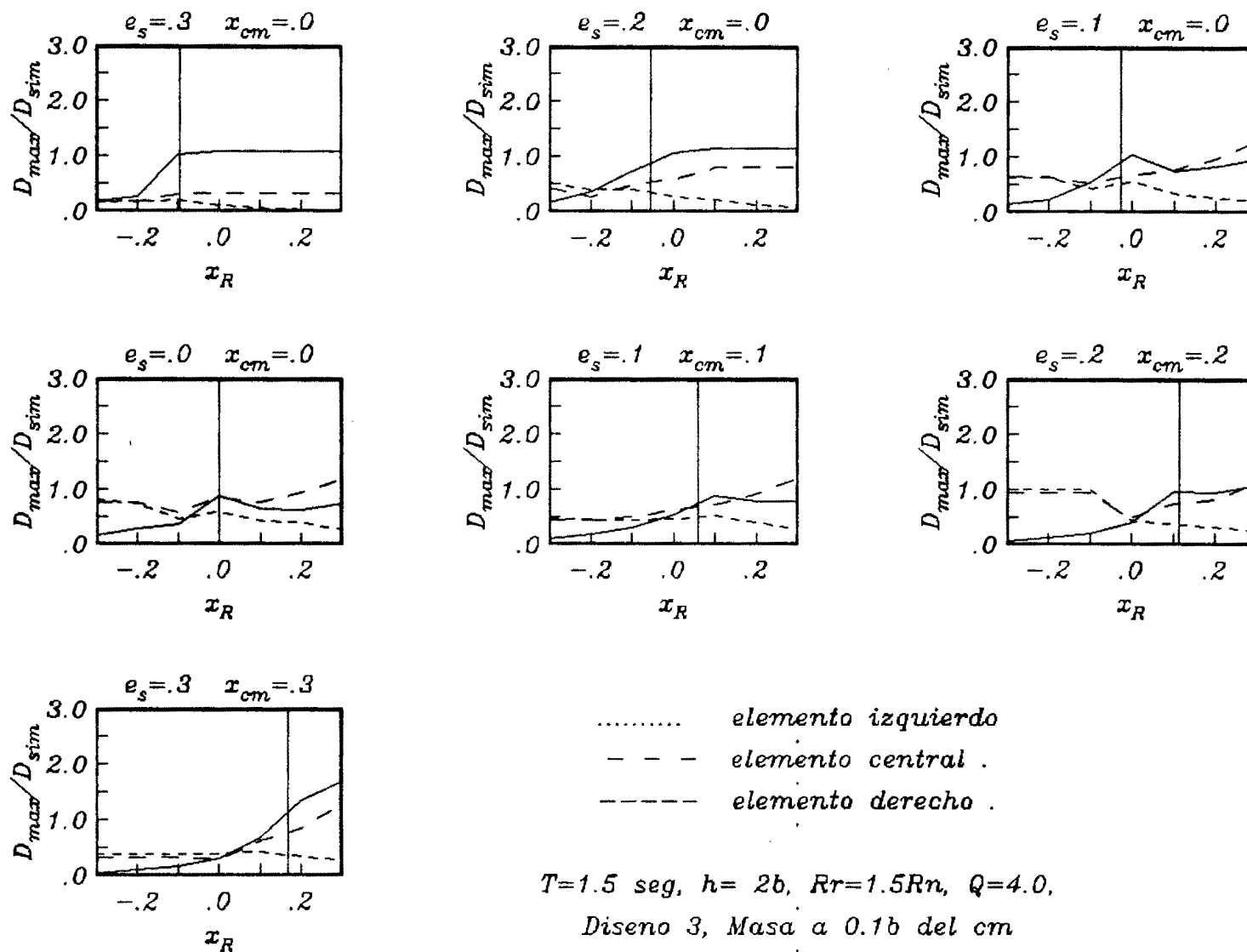


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

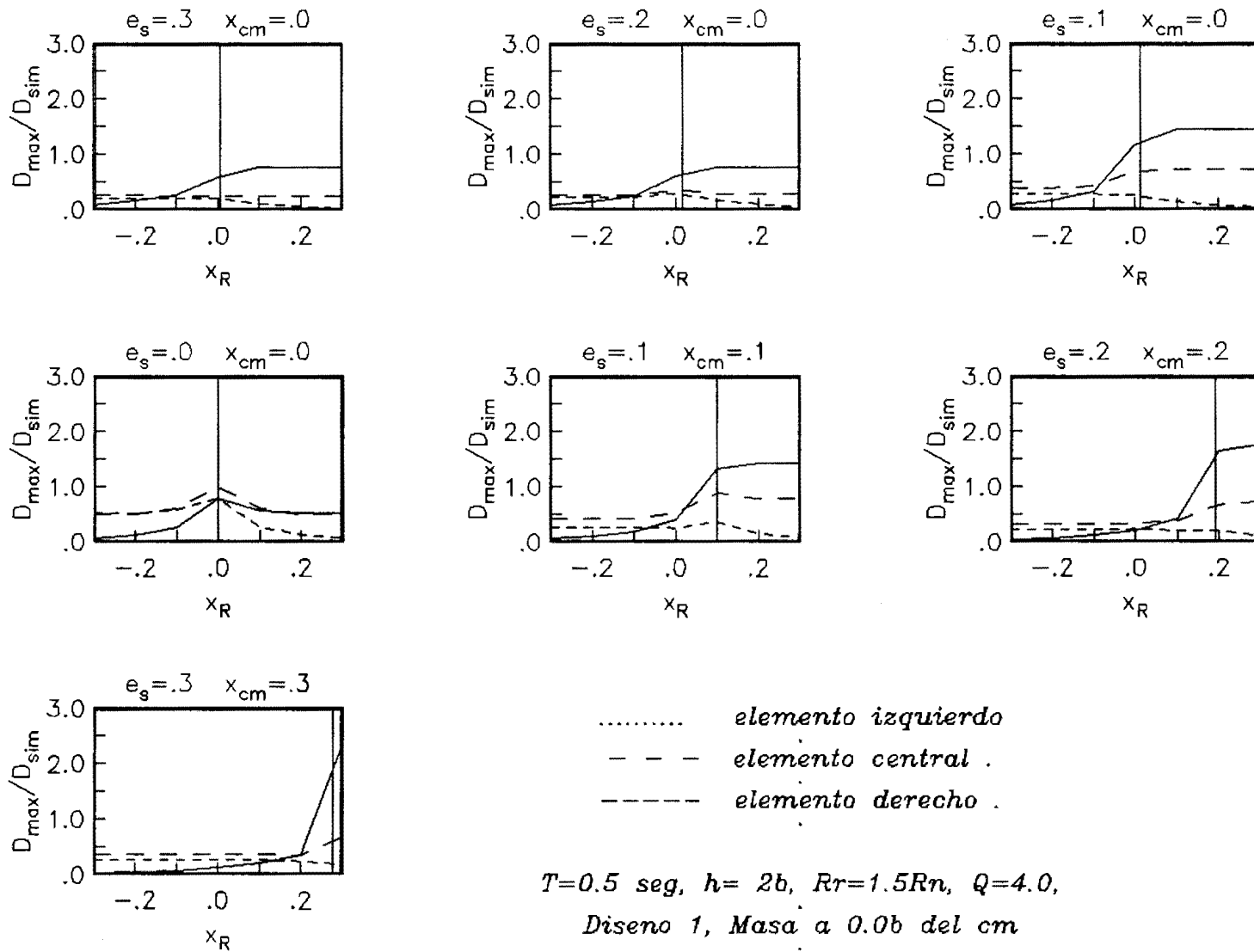


Figura . Relación de Ductilidades Máximas vs. Distribución de Resistencias

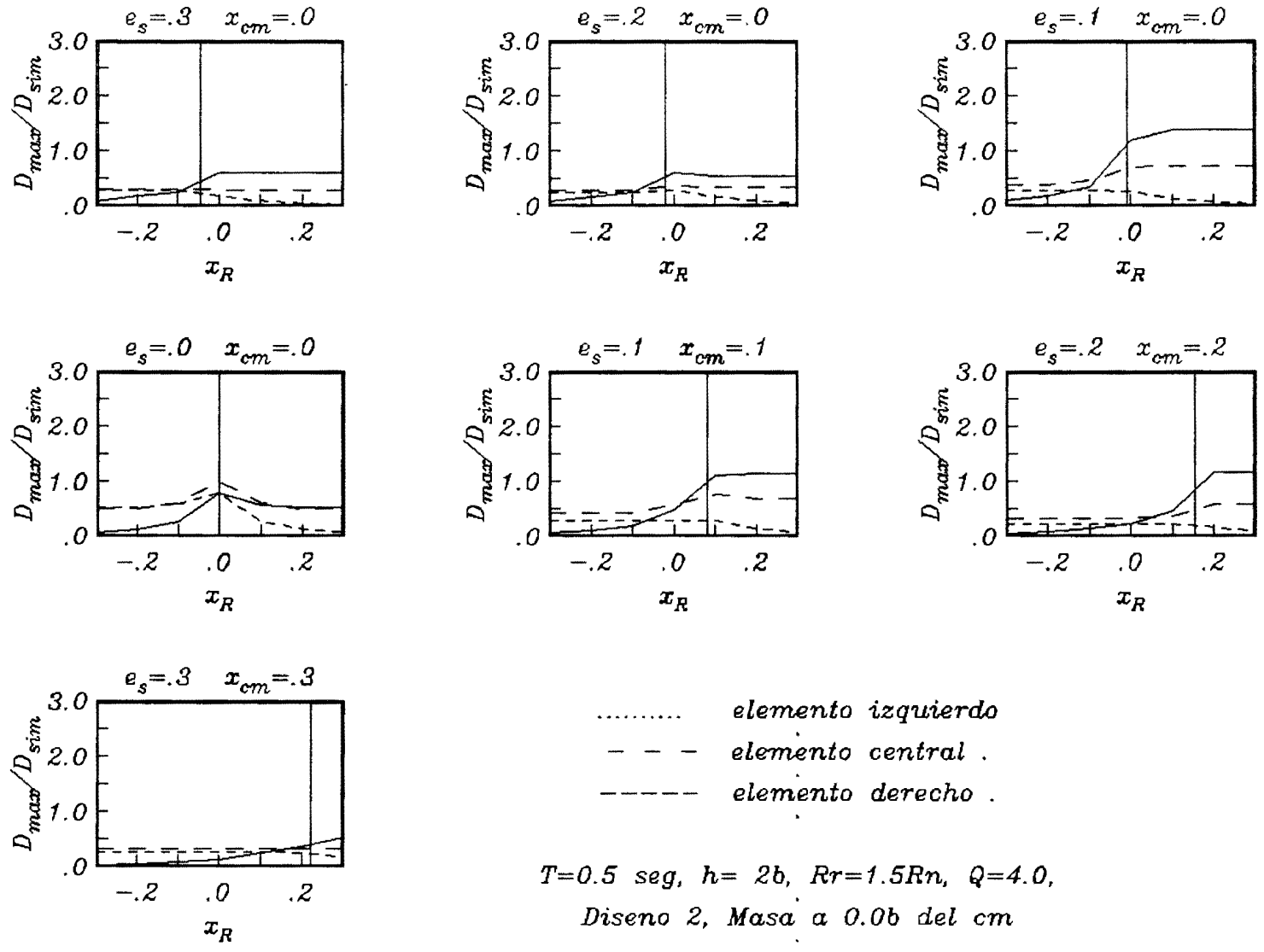


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

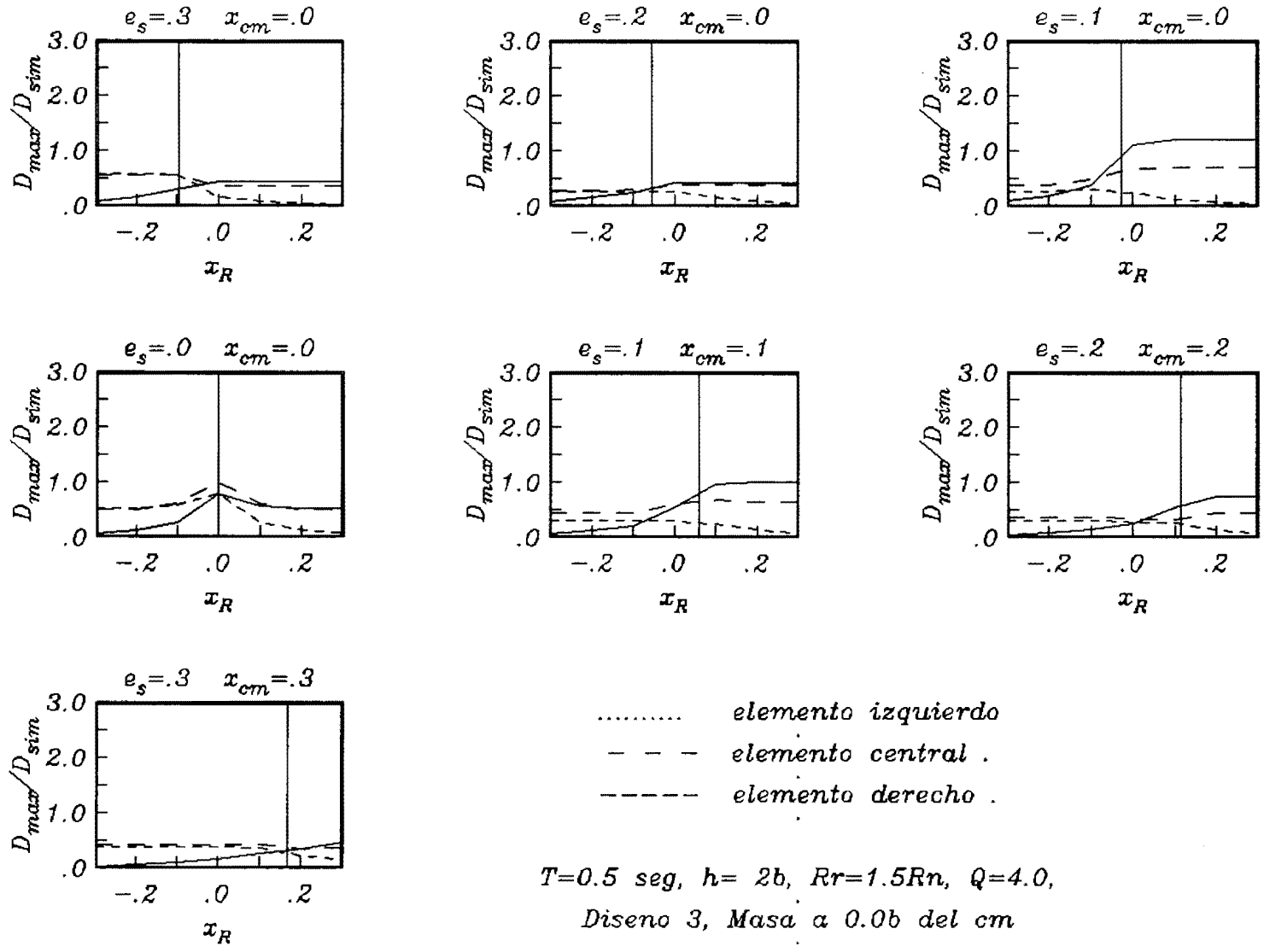


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

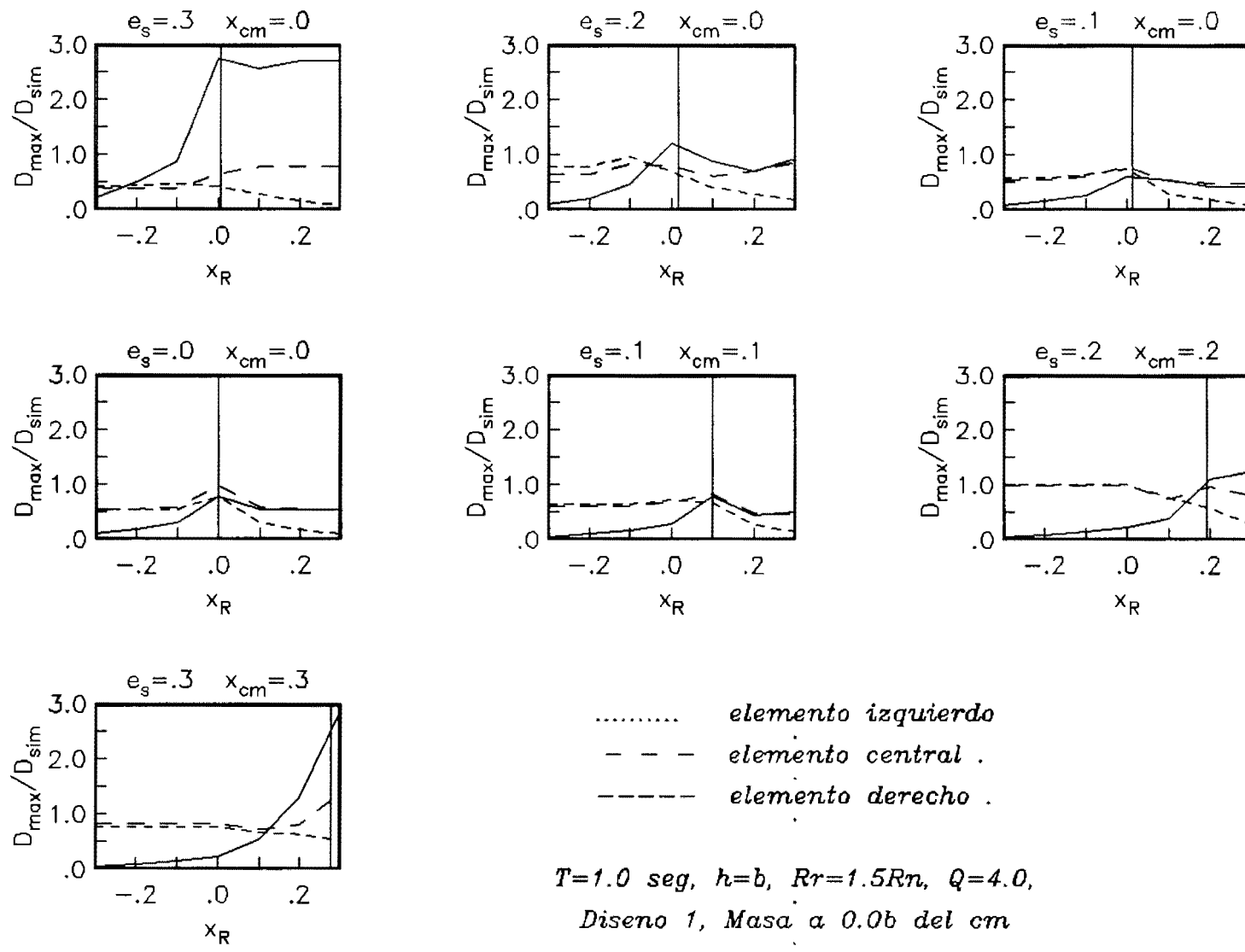


Figura . Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

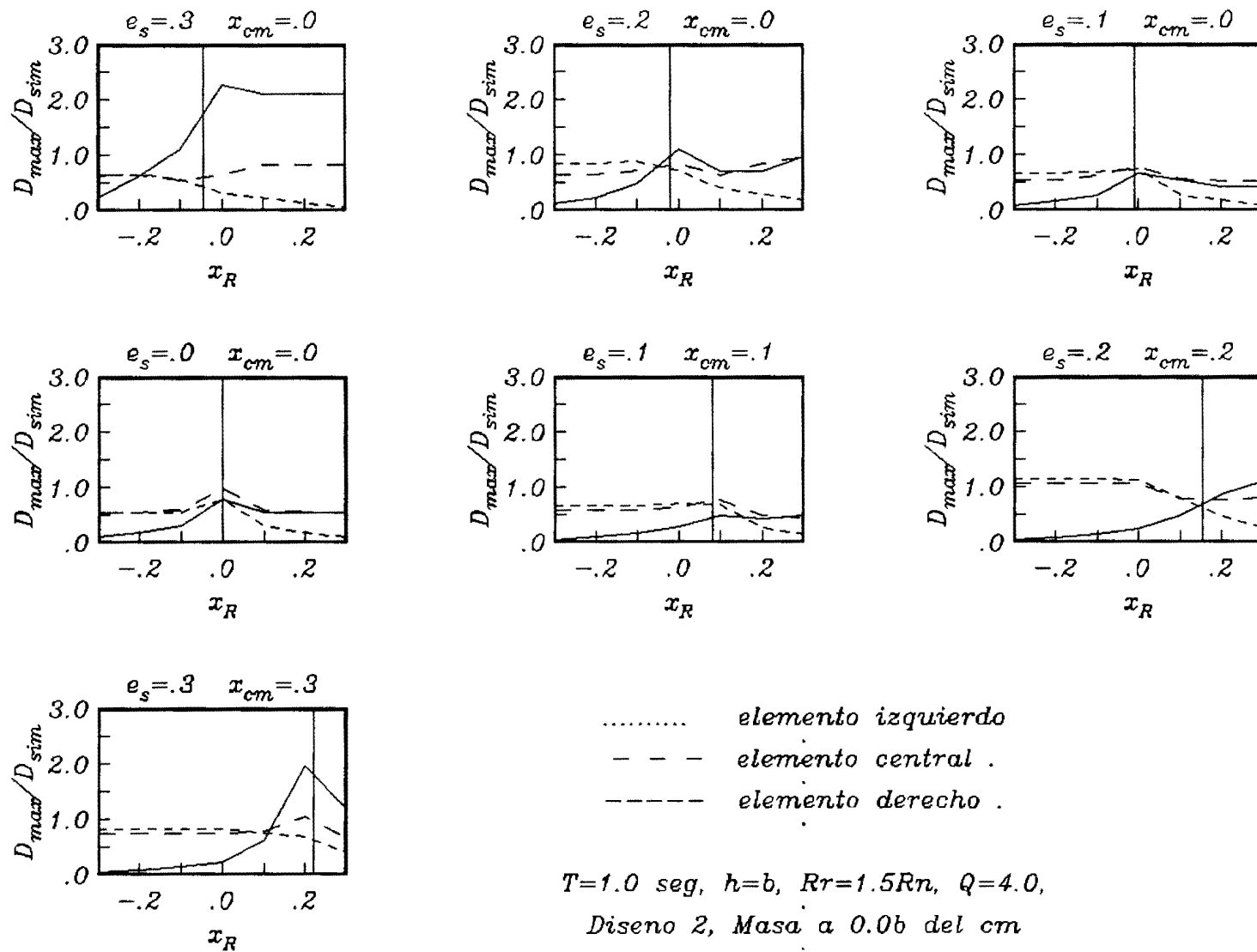


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

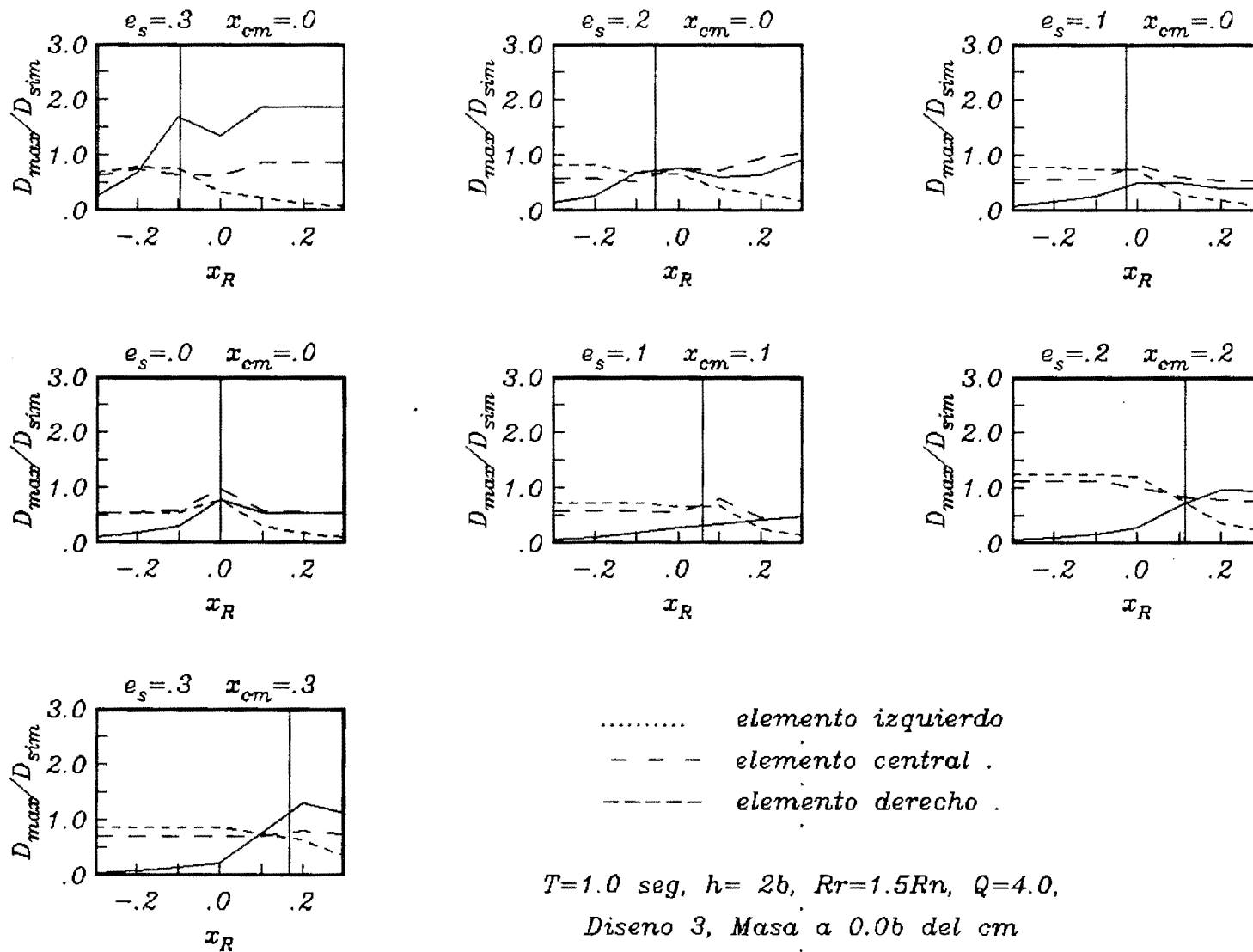


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

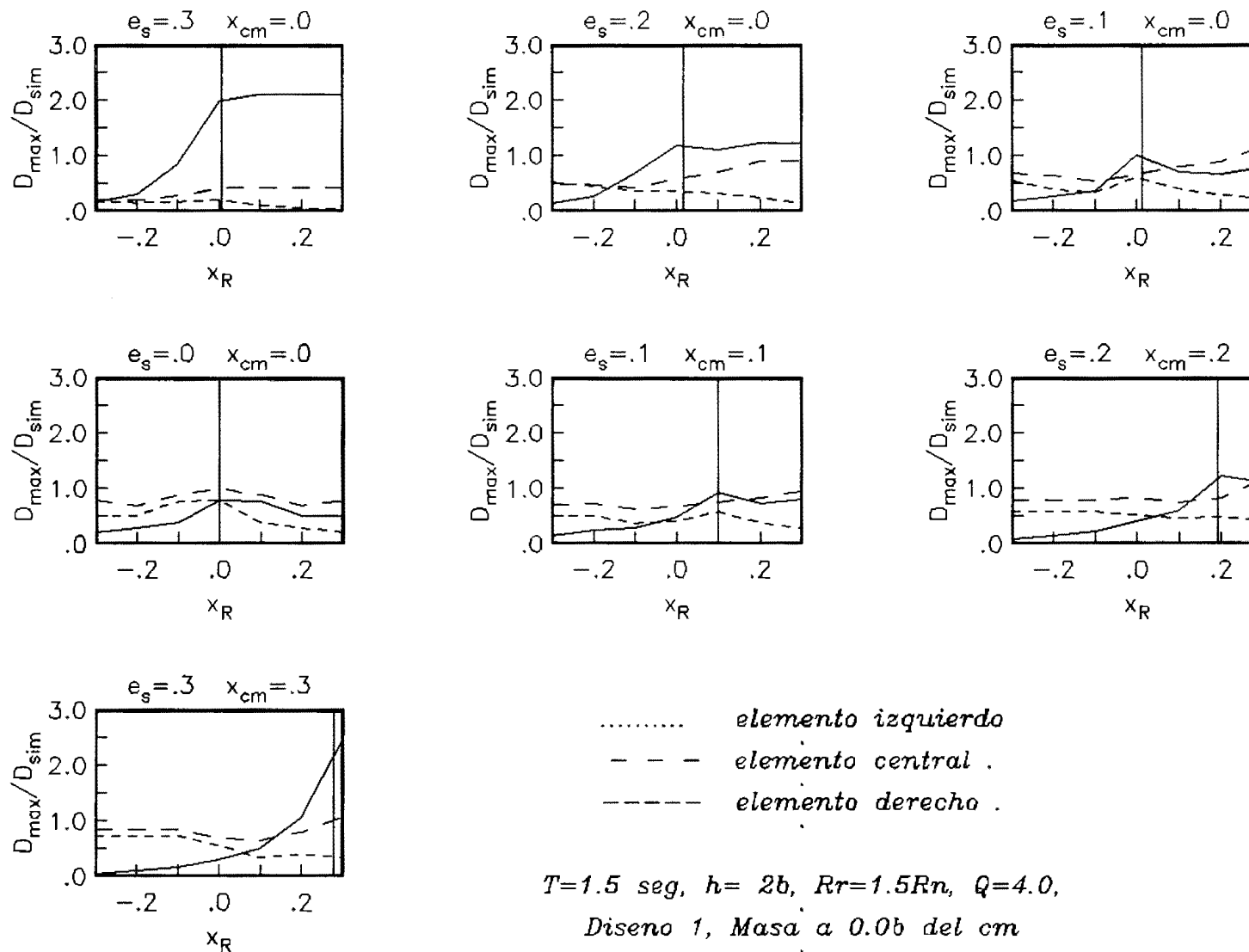


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

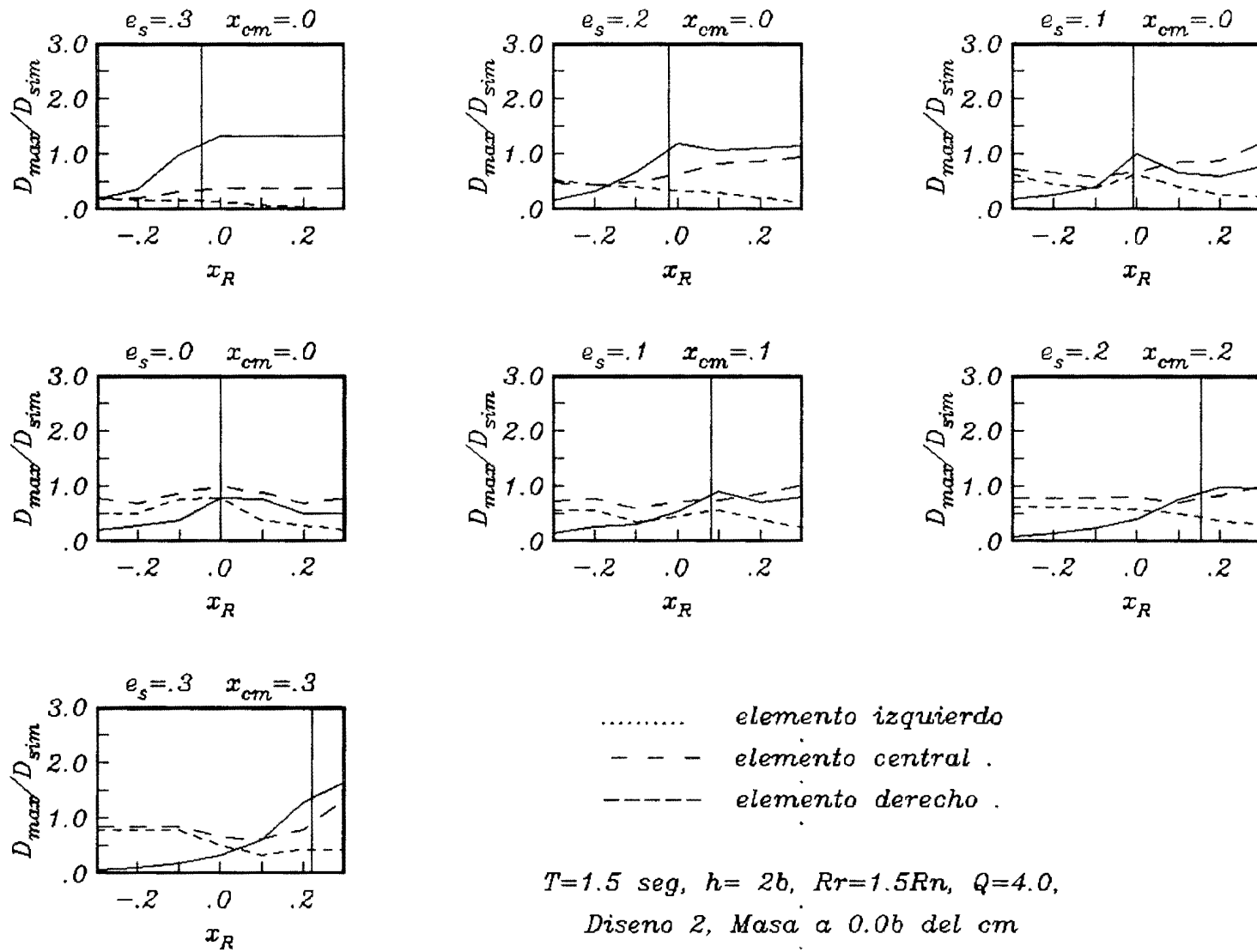
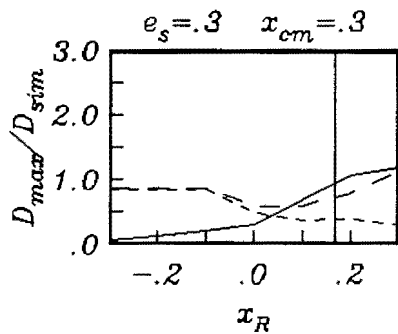
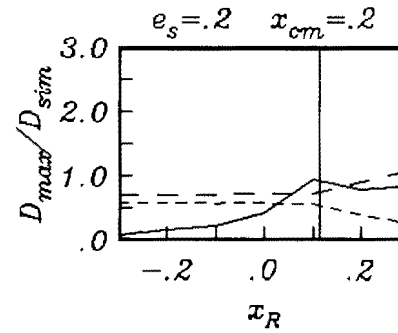
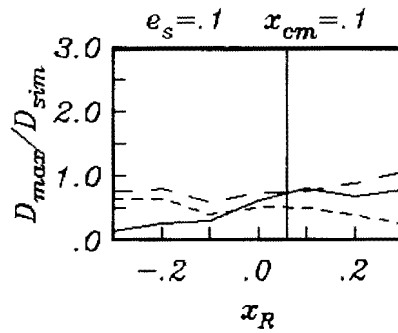
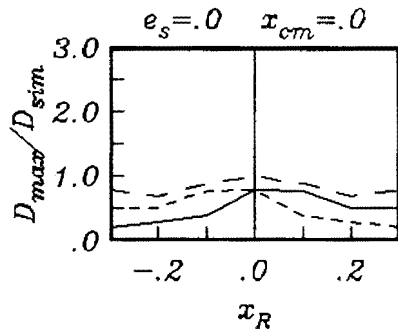
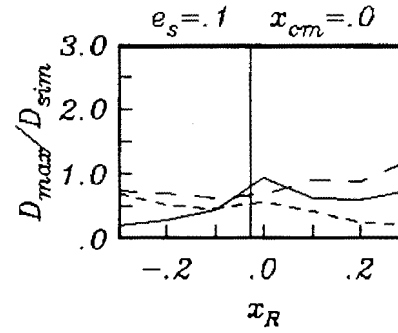
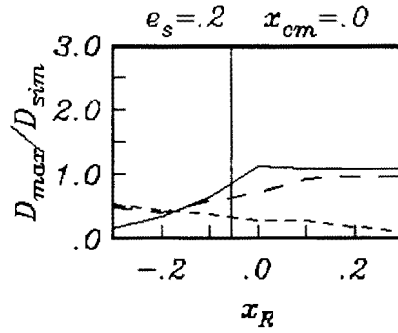
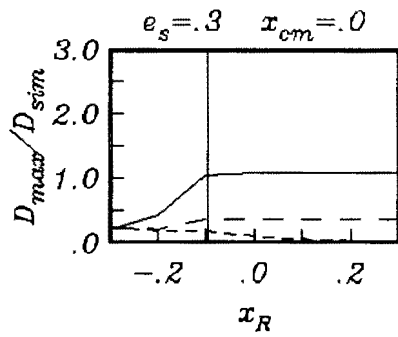


Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias



..... elemento izquierdo
 - - - elemento central .
 - - - elemento derecho .

$T = 1.5 \text{ seg}, h = 2b, Rr = 1.5Rn, Q = 4.0,$
 Diseño 3, Masa a $0.0b$ del cm

Figura . Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

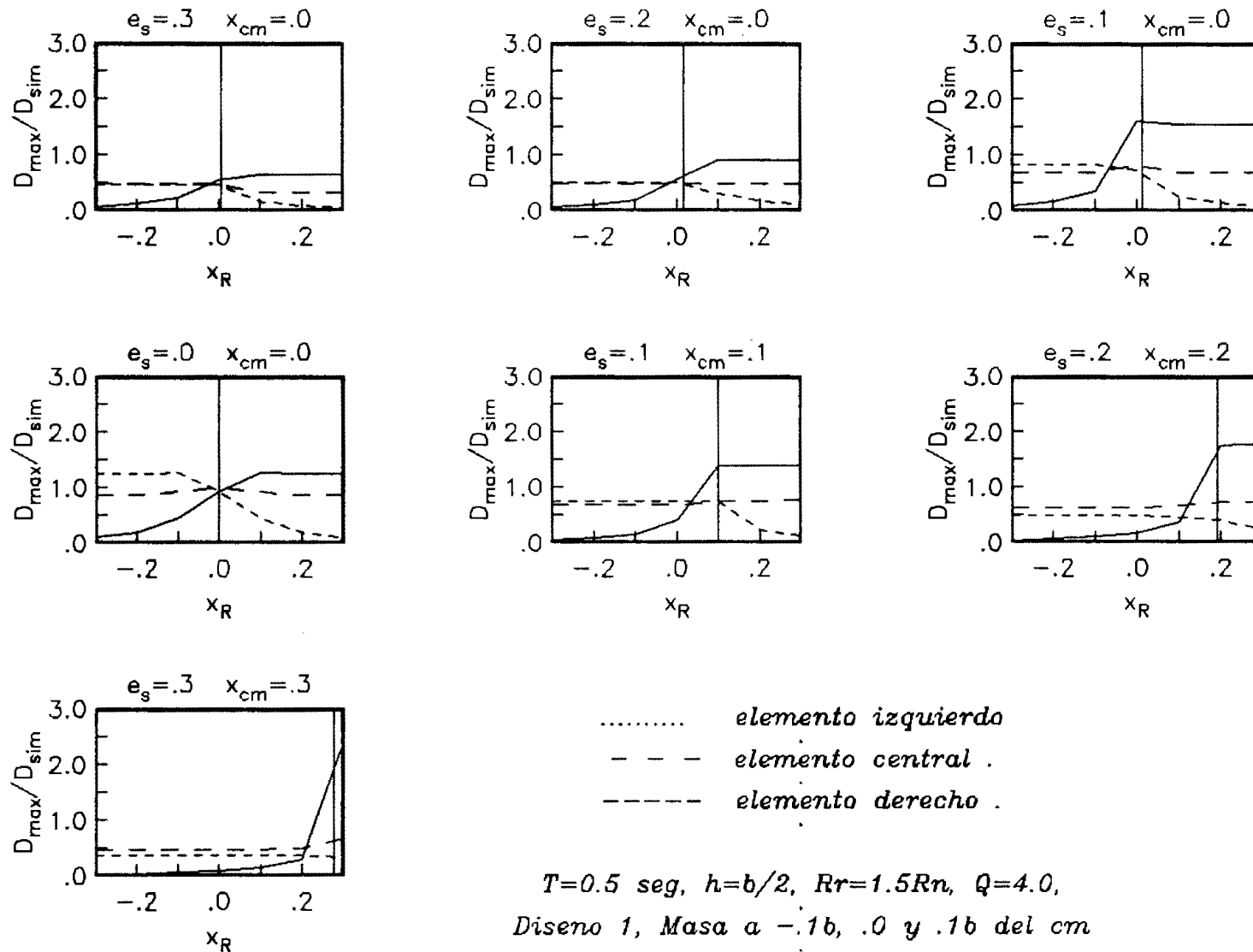


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

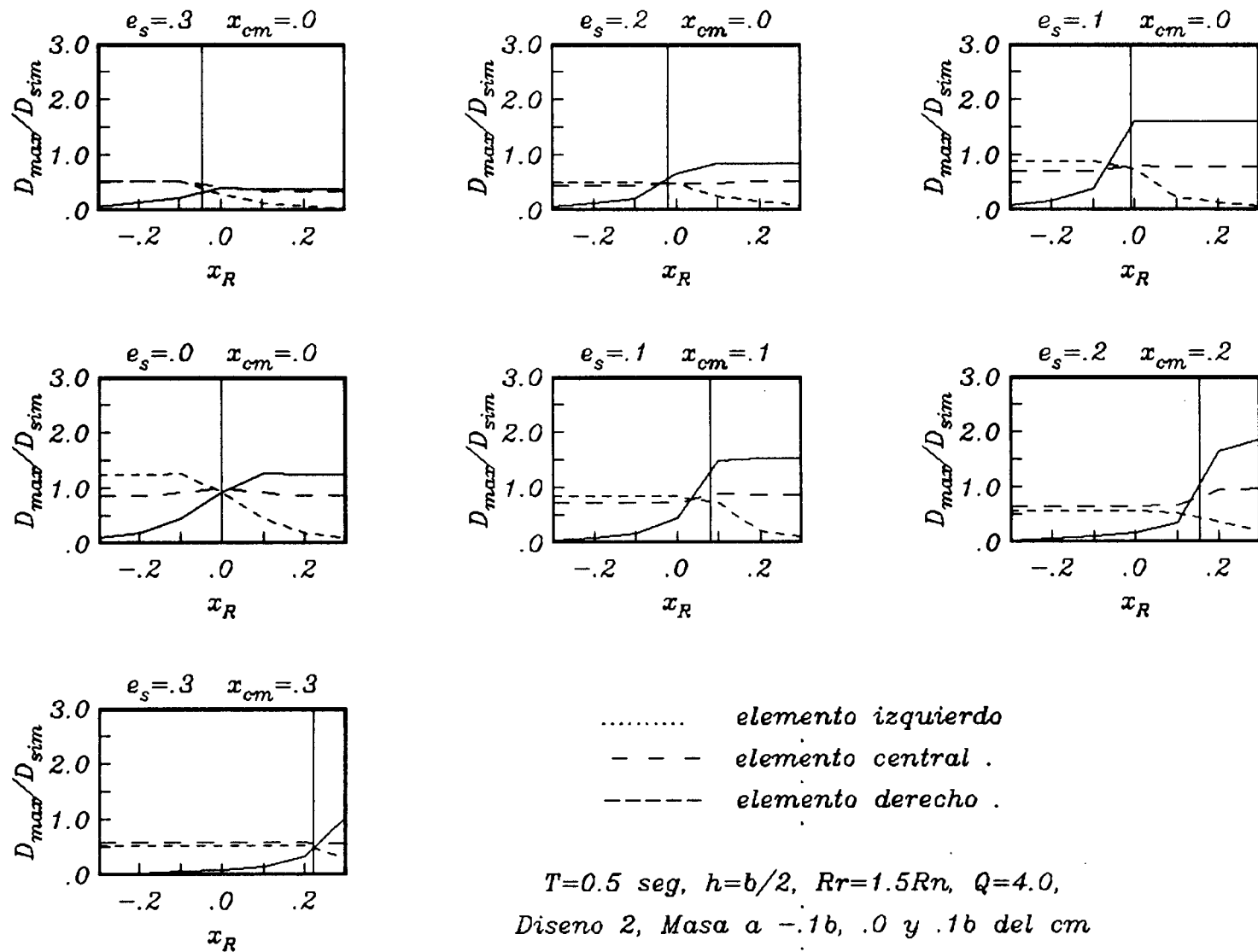


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximadas .vs. Distribucion de Resistencias

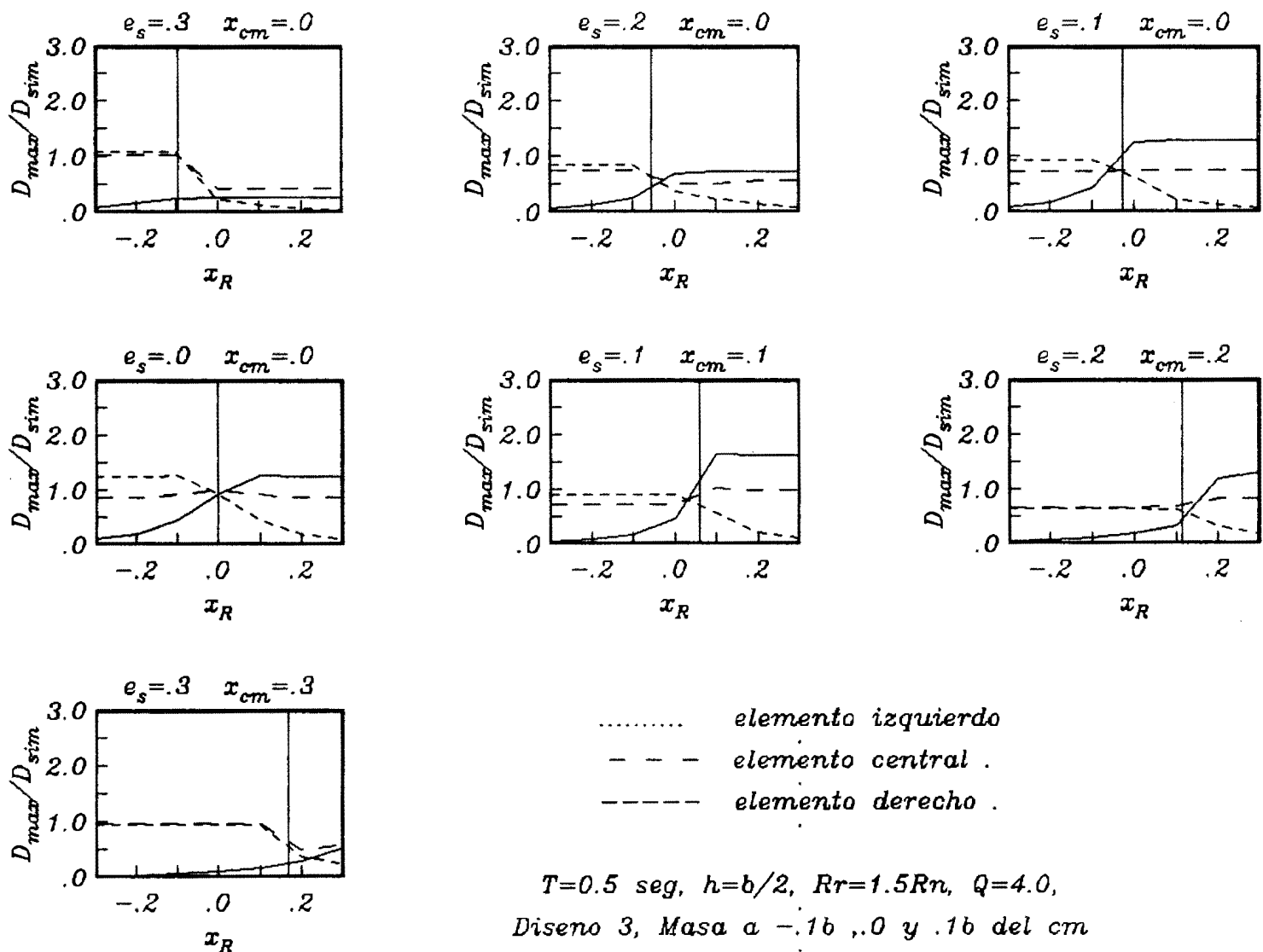


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

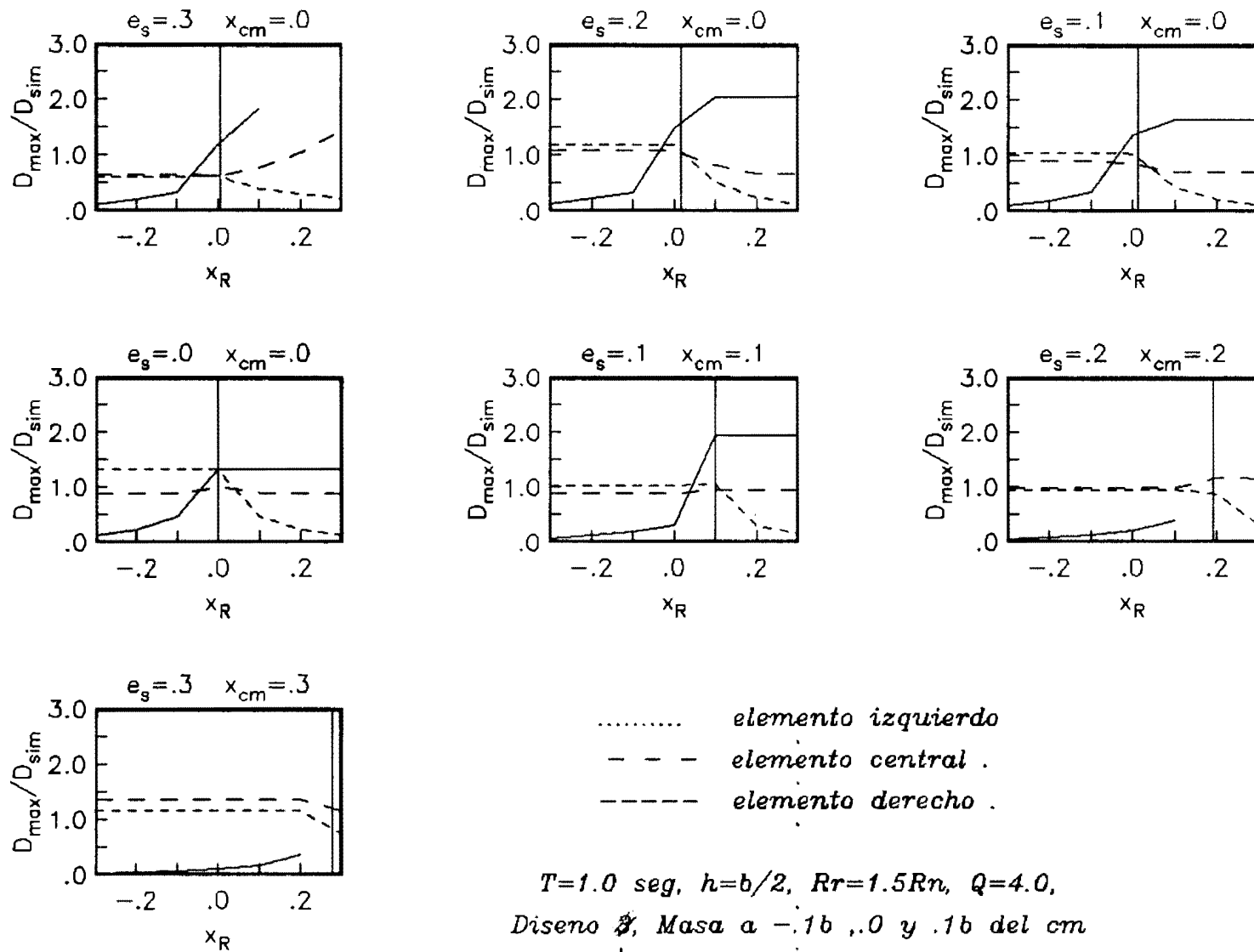


Figura . Envolventes de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

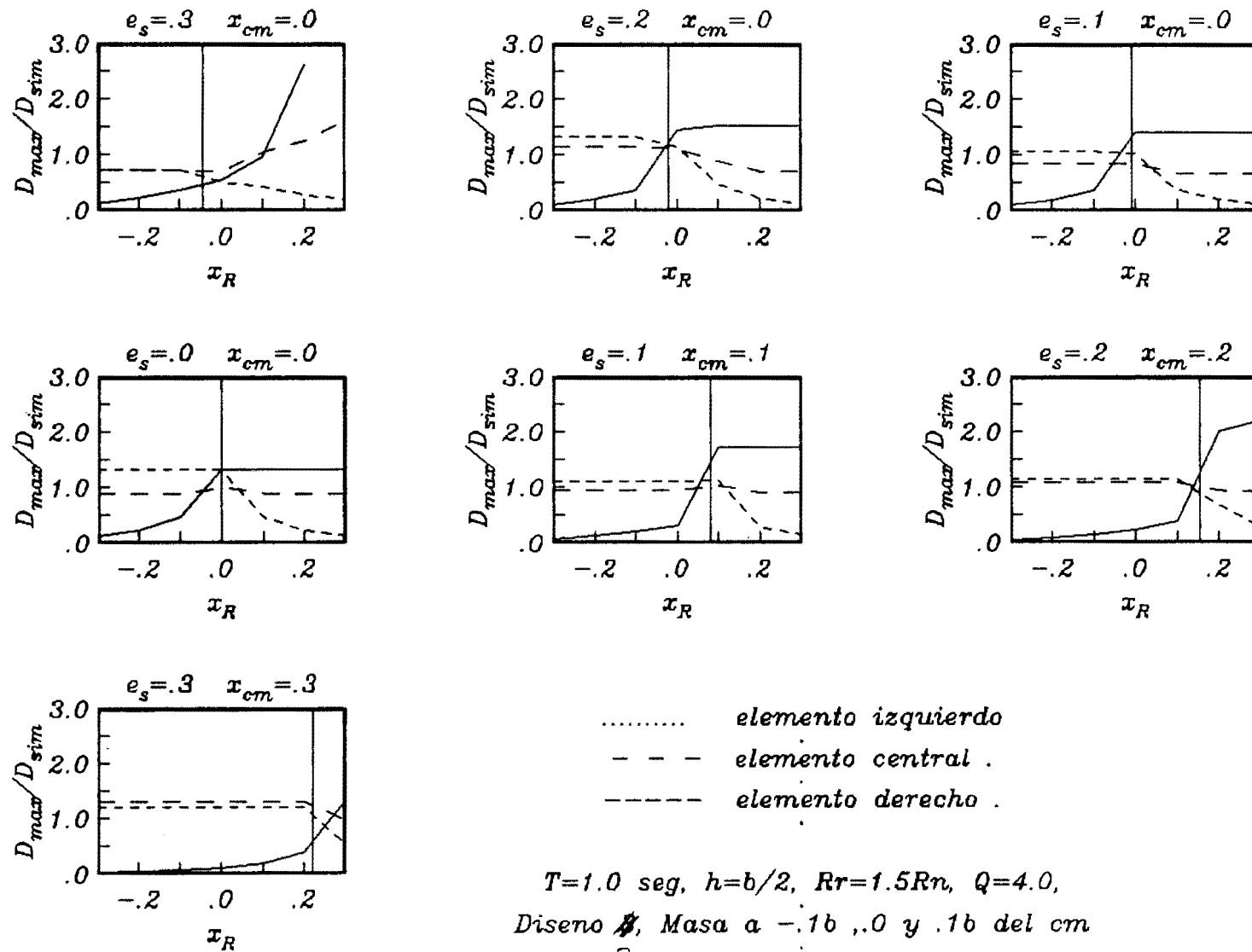


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximadas .vs. Distribucion de Resistencias

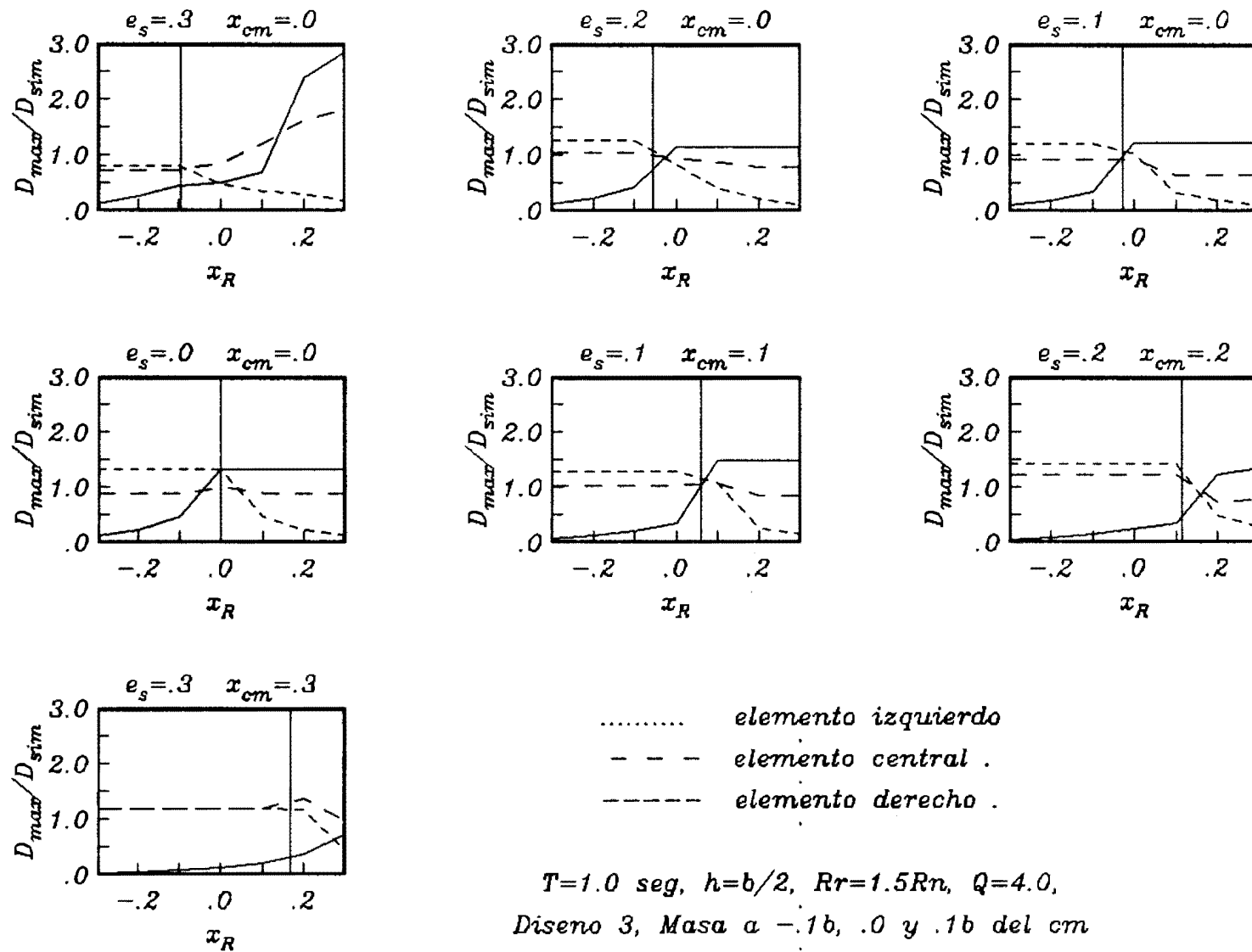


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximimas .vs. Distribucion de Resistencias

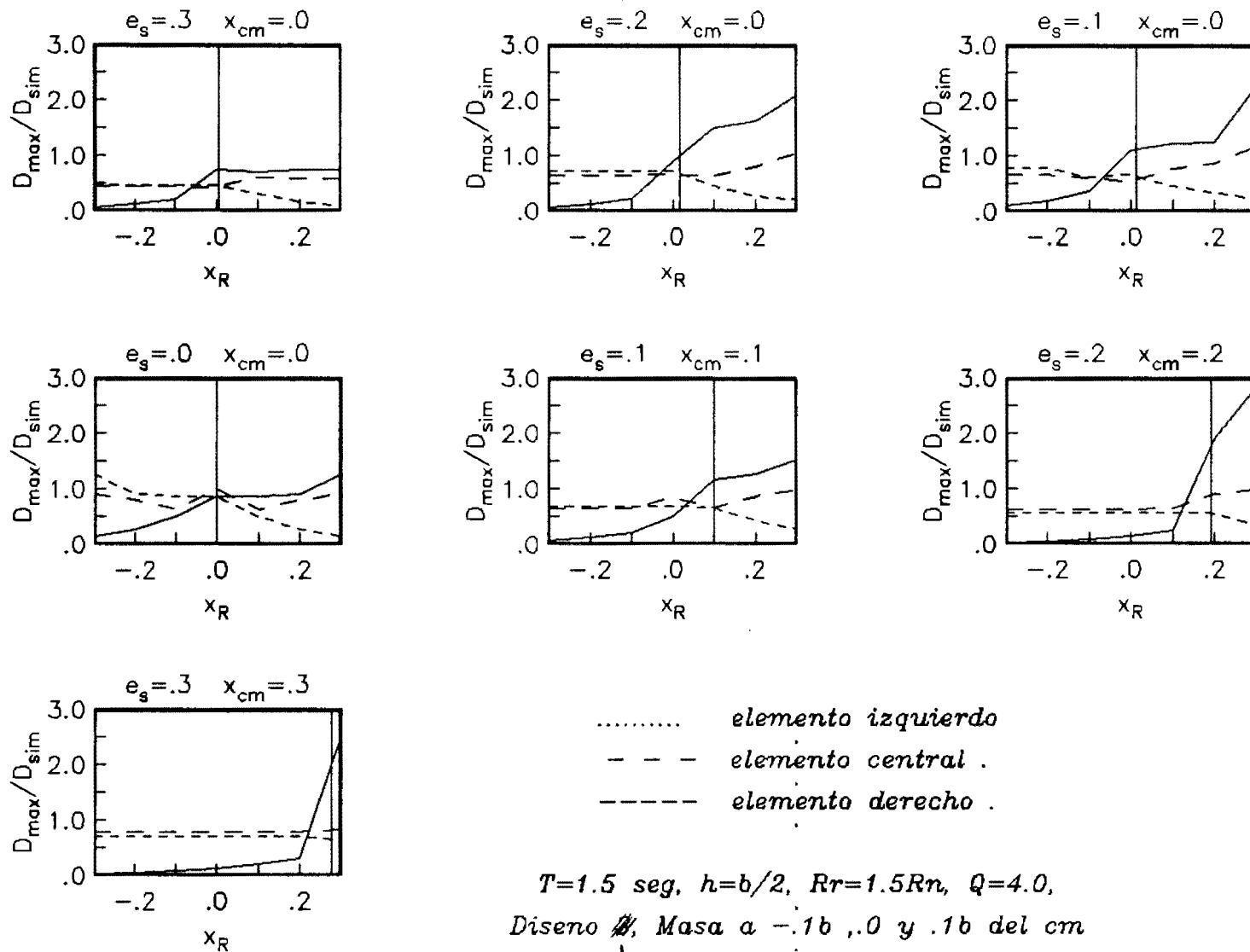


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

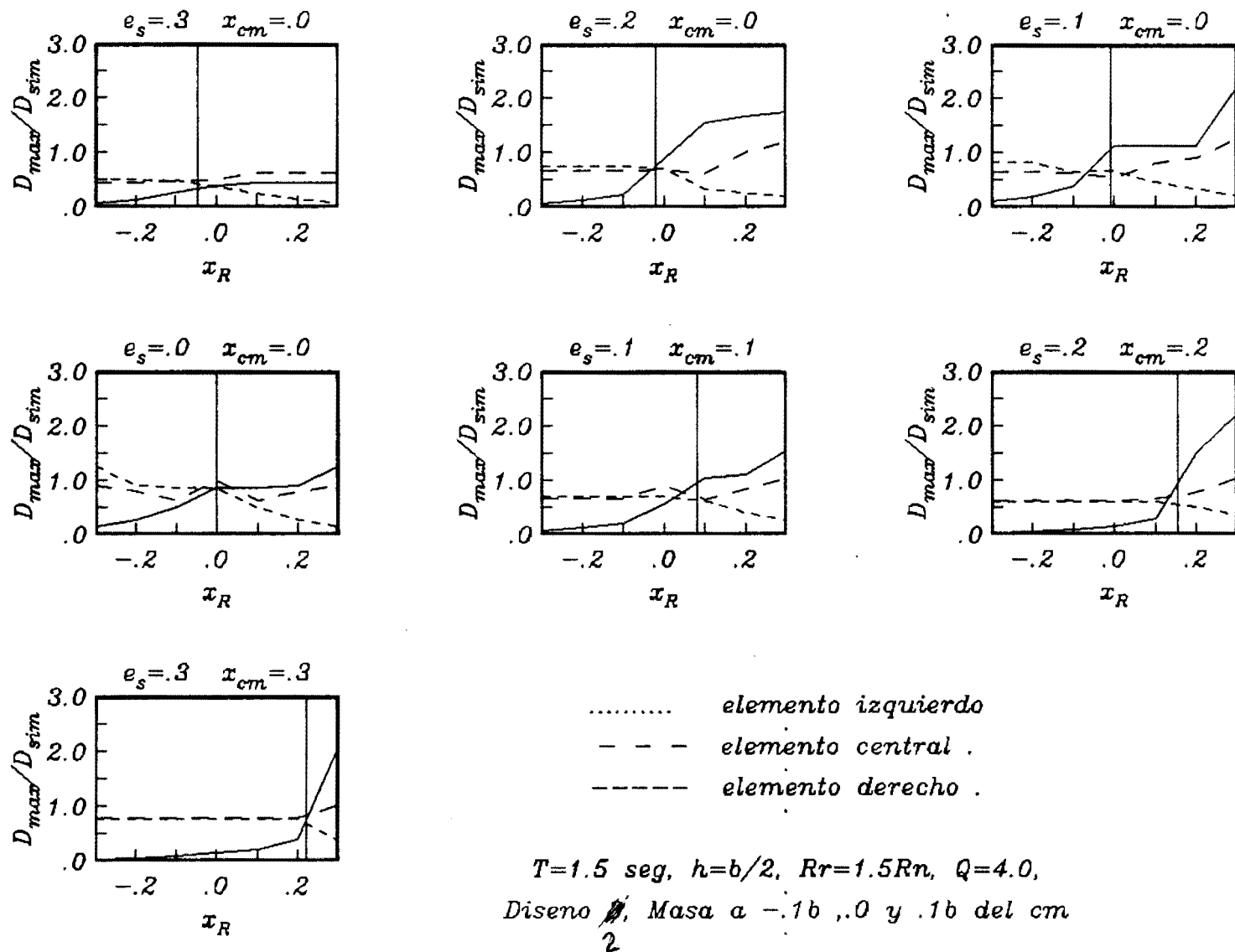


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

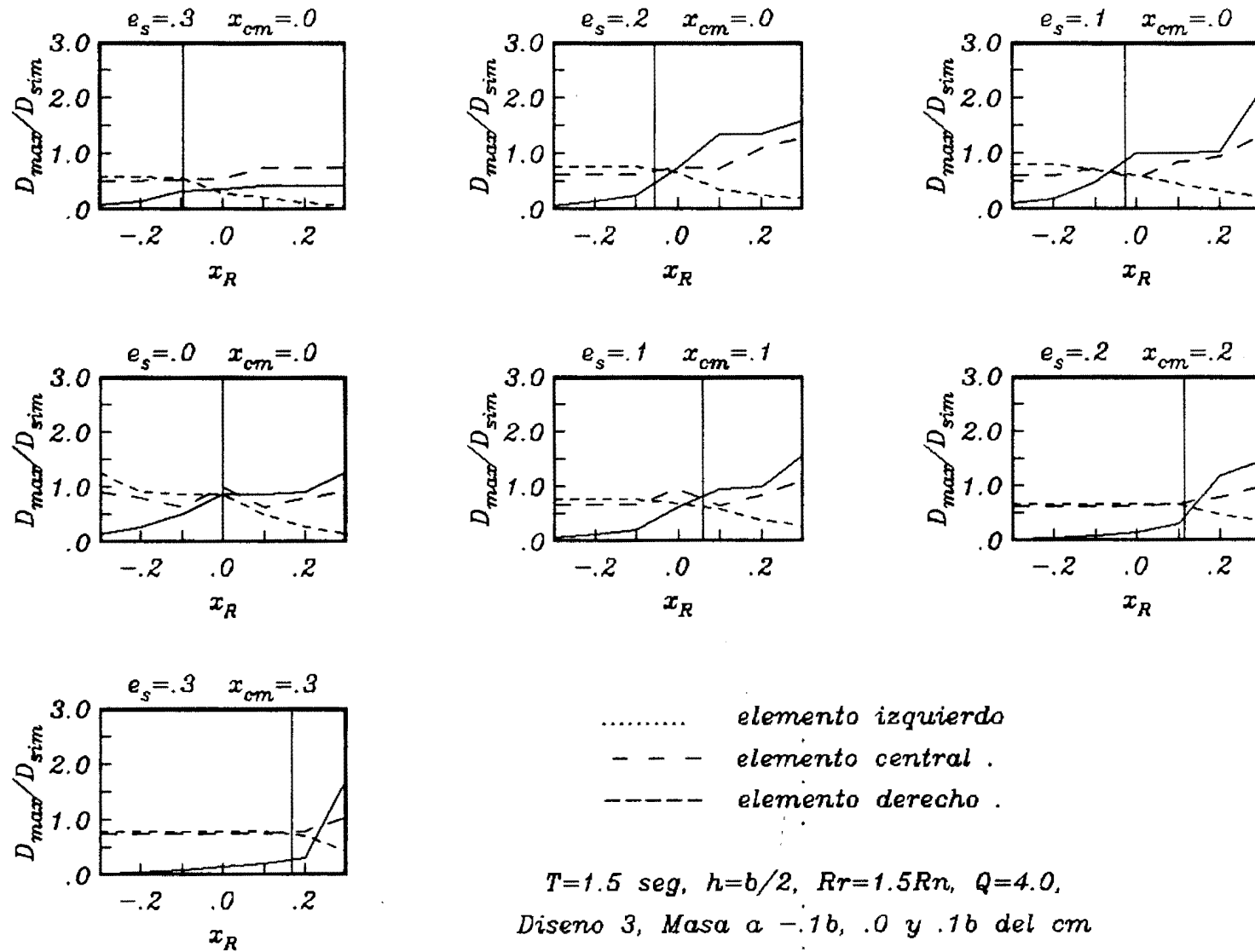


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

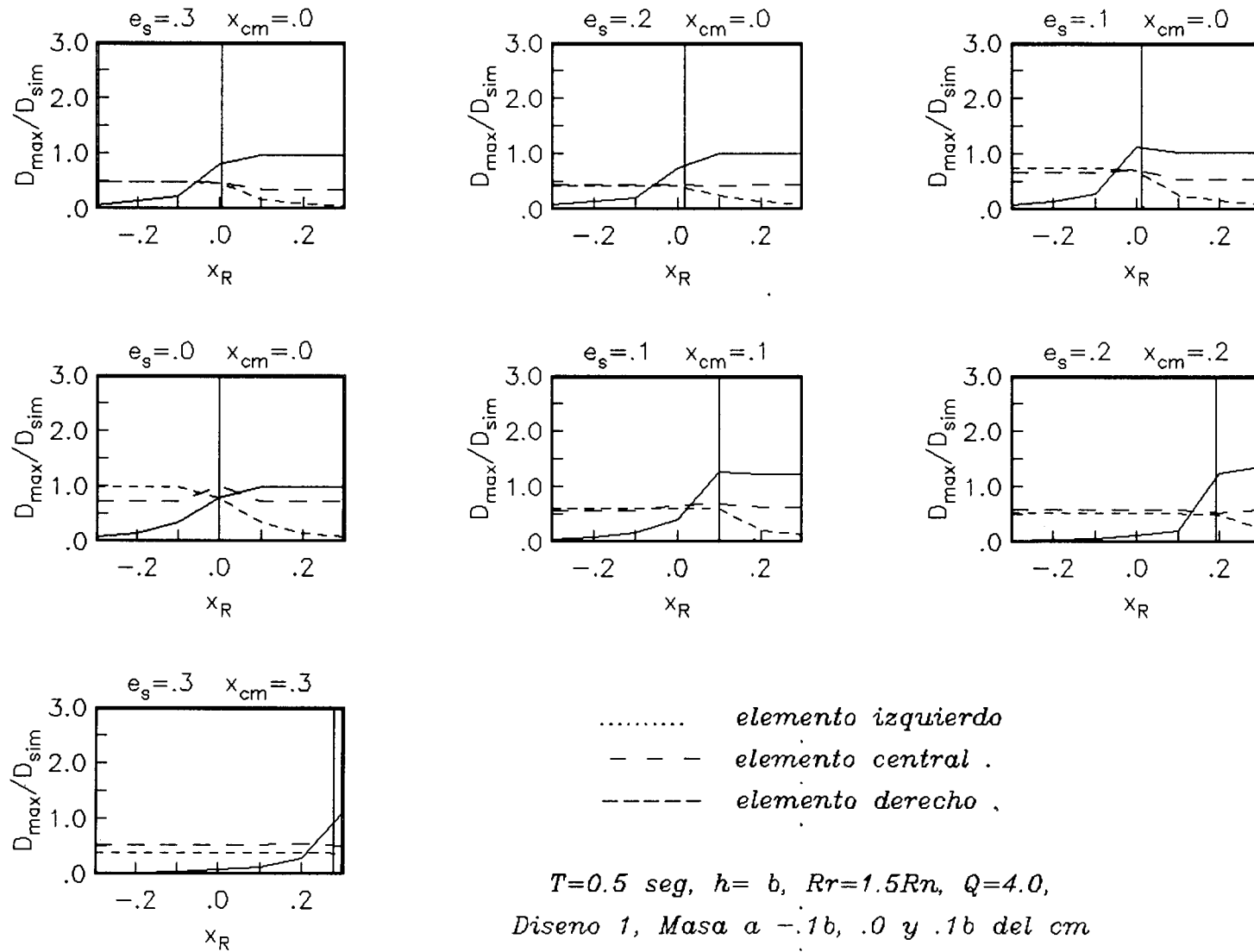


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

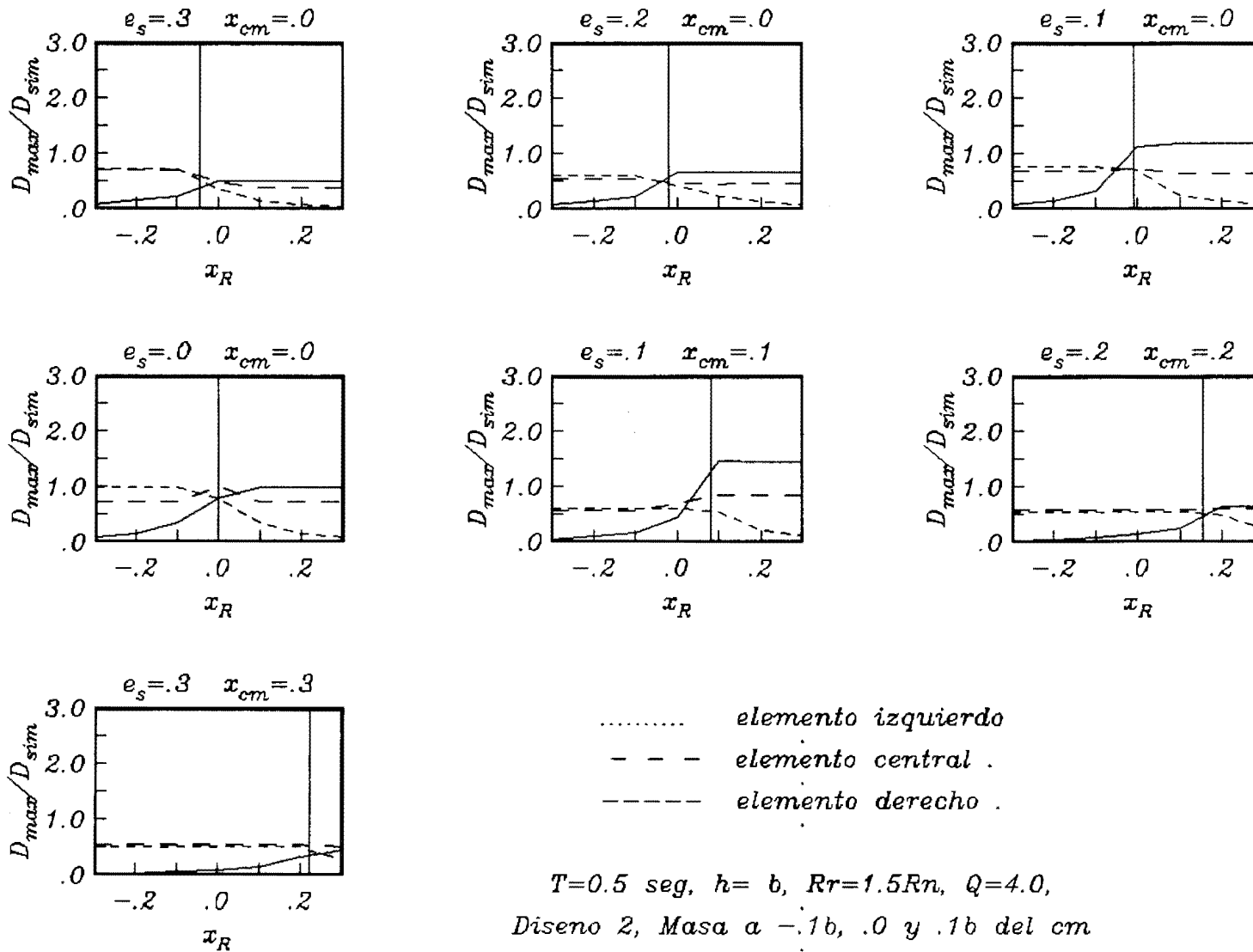


Figura . Envolventes de Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

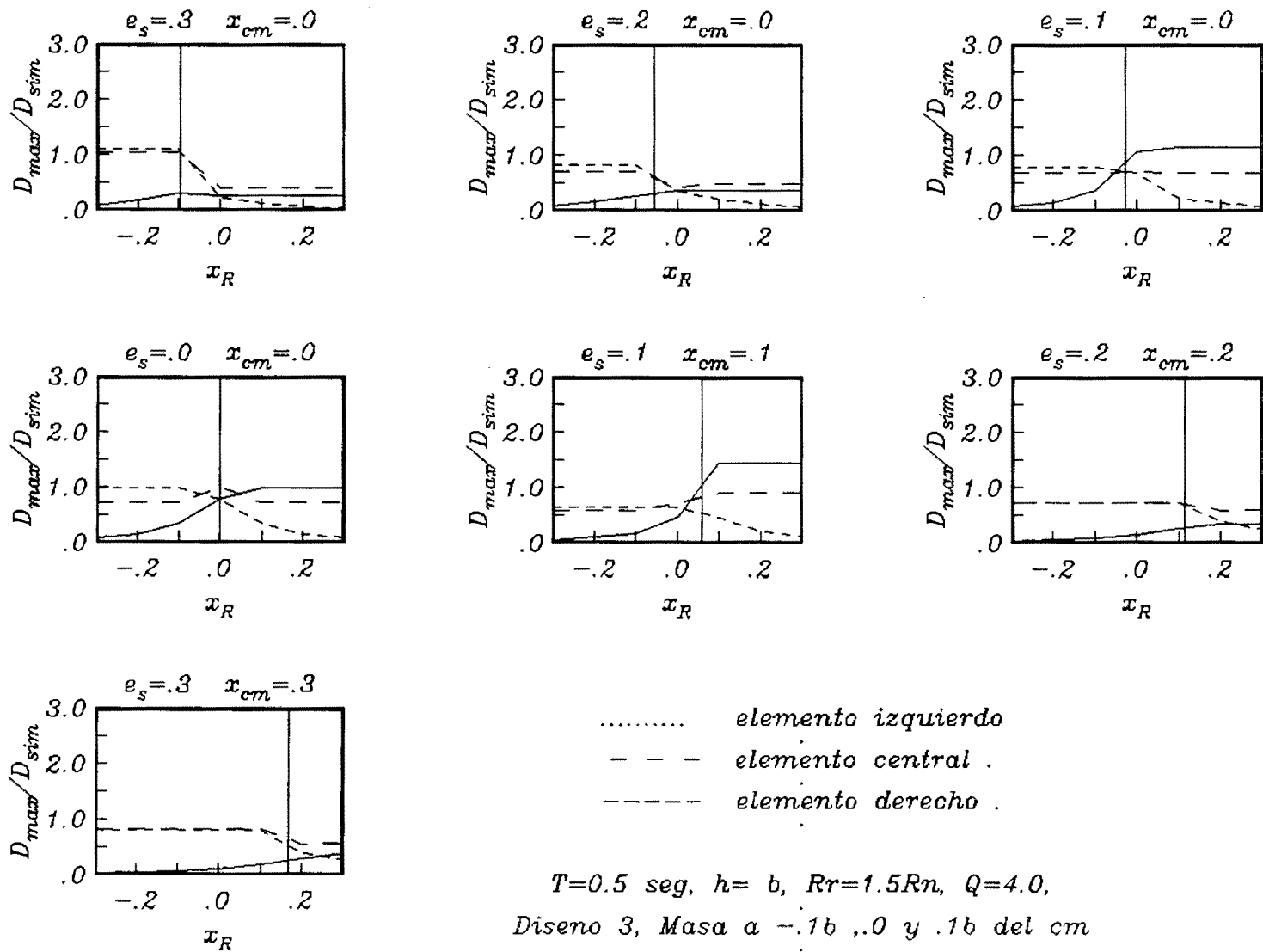


Figura . Envolventes de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

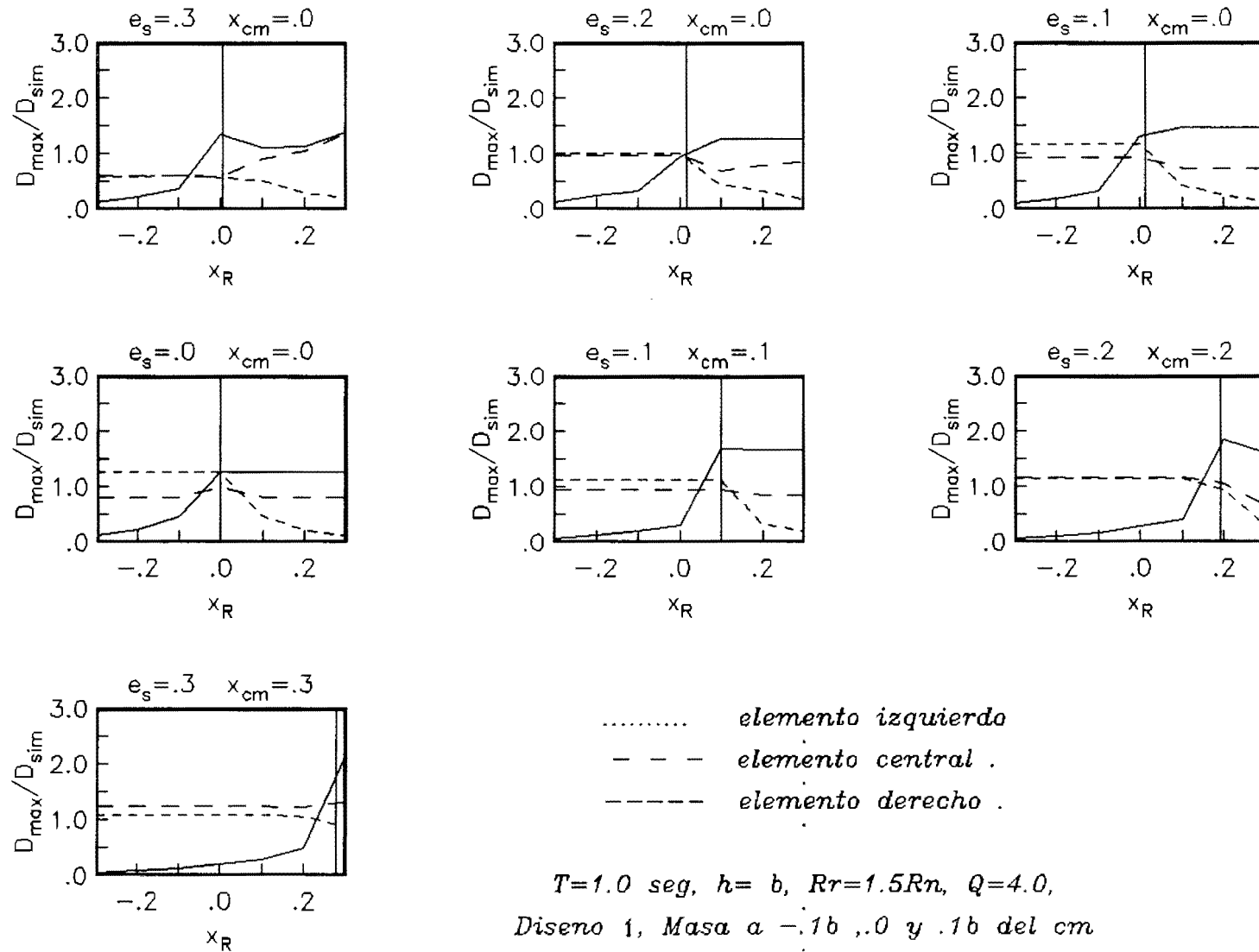


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

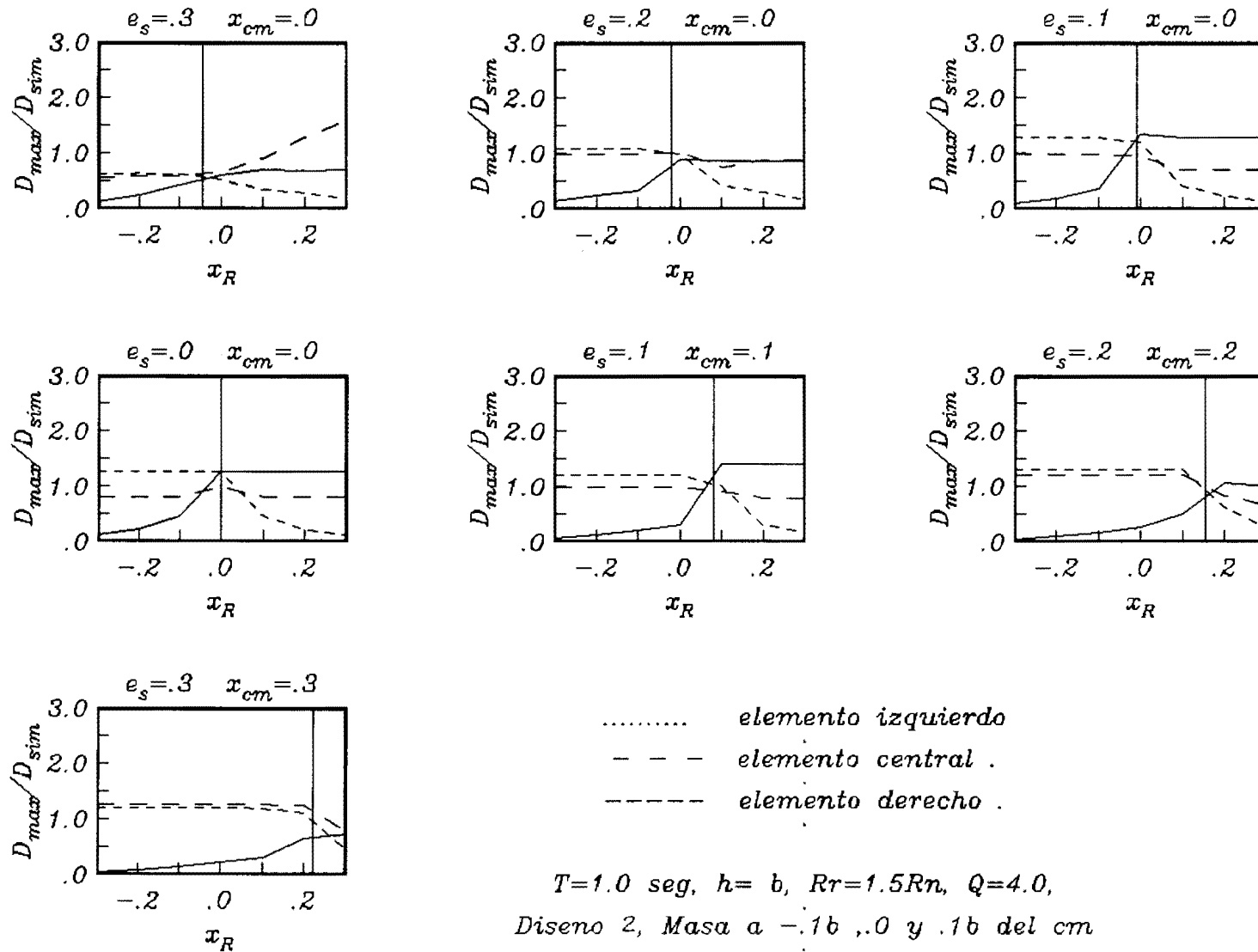


Figura . Envolventes de Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

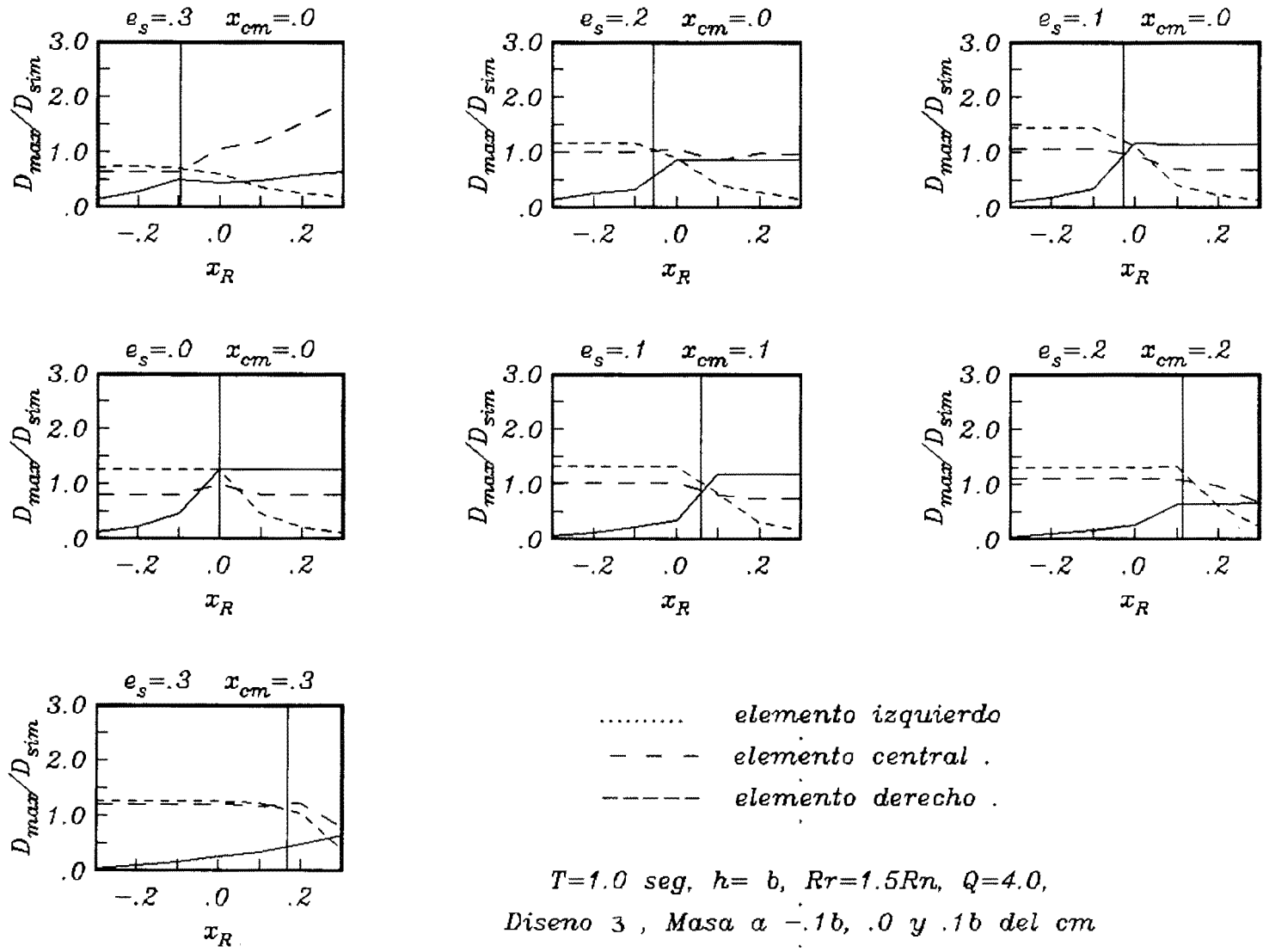


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

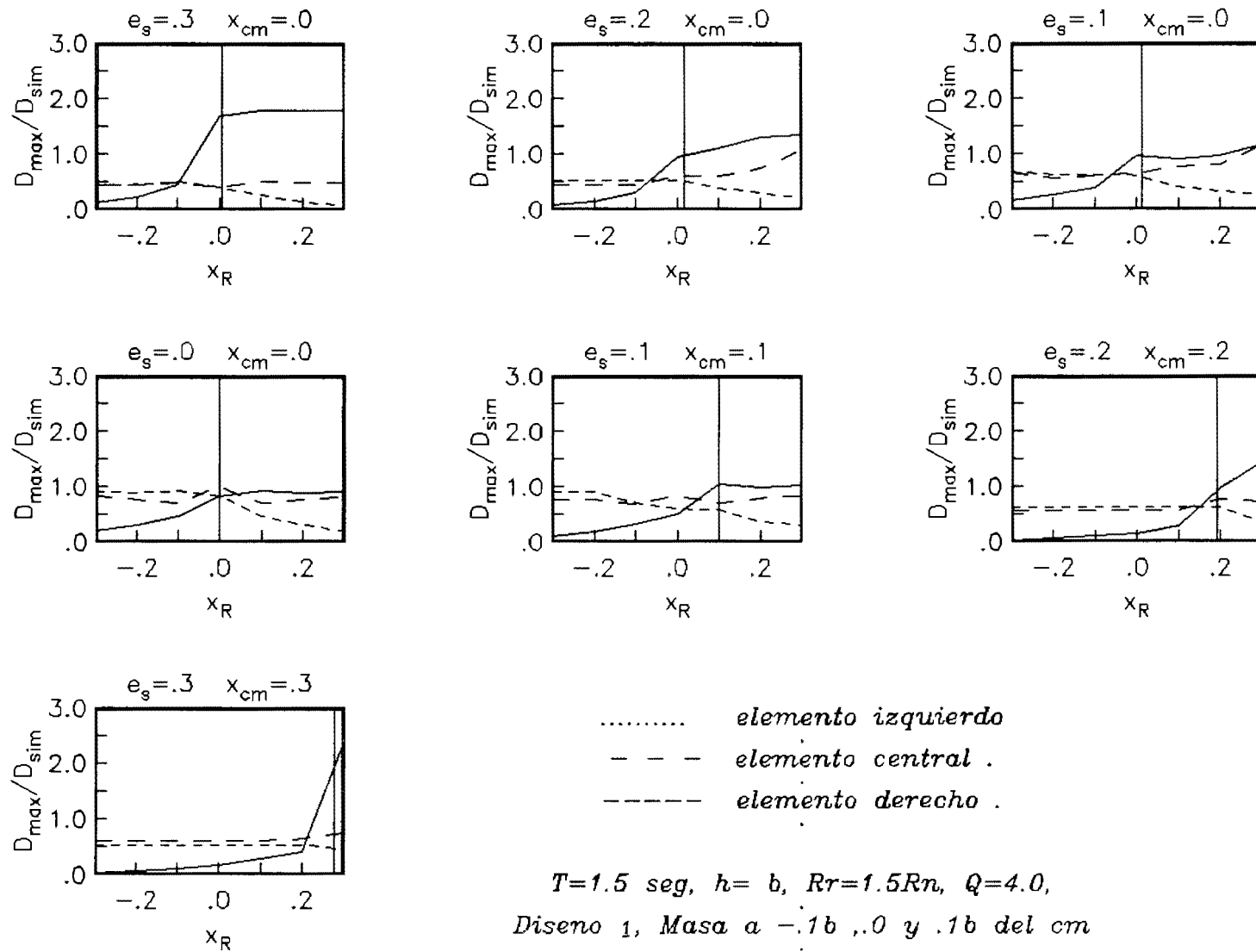


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximias .vs. Distribucion de Resistencias

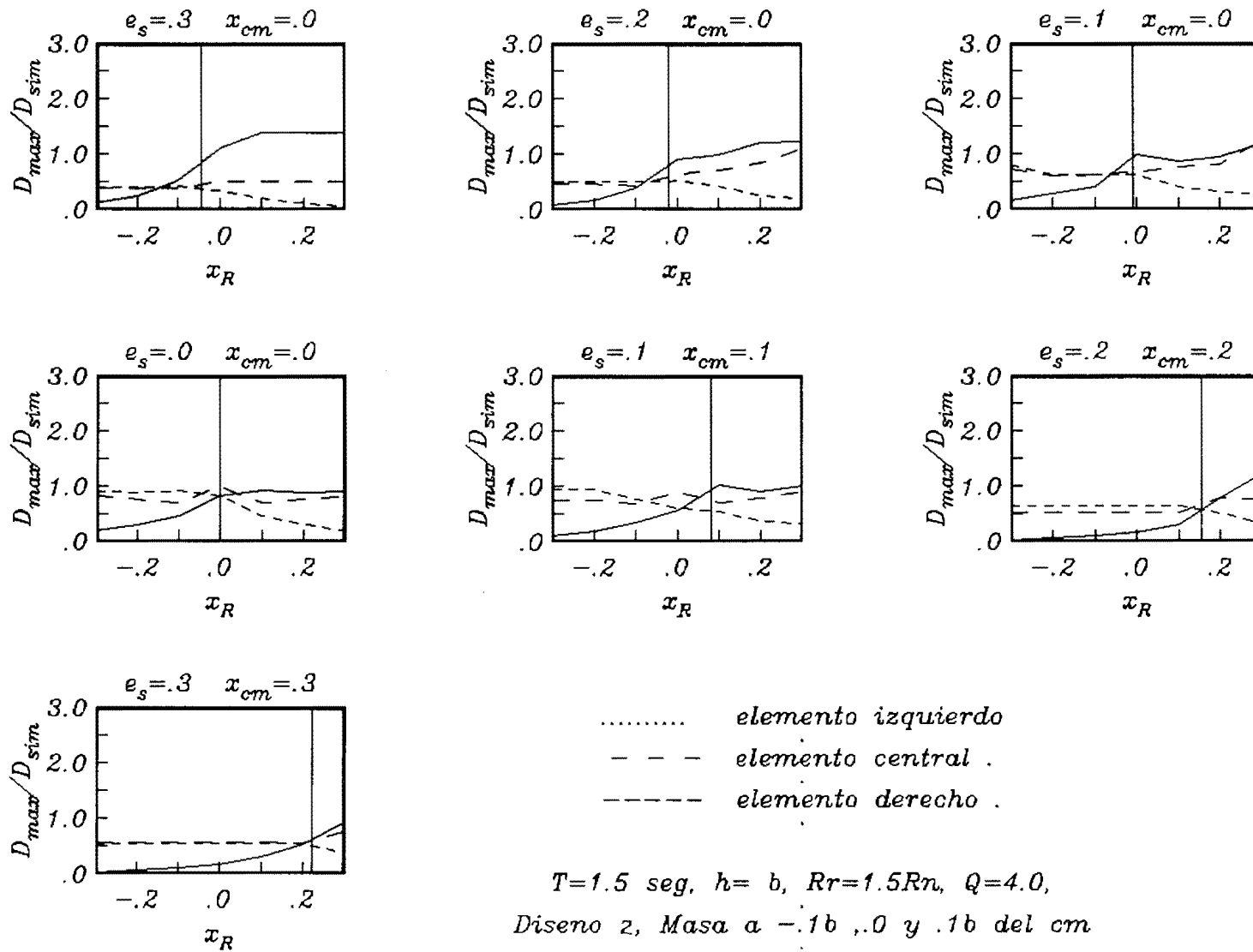


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

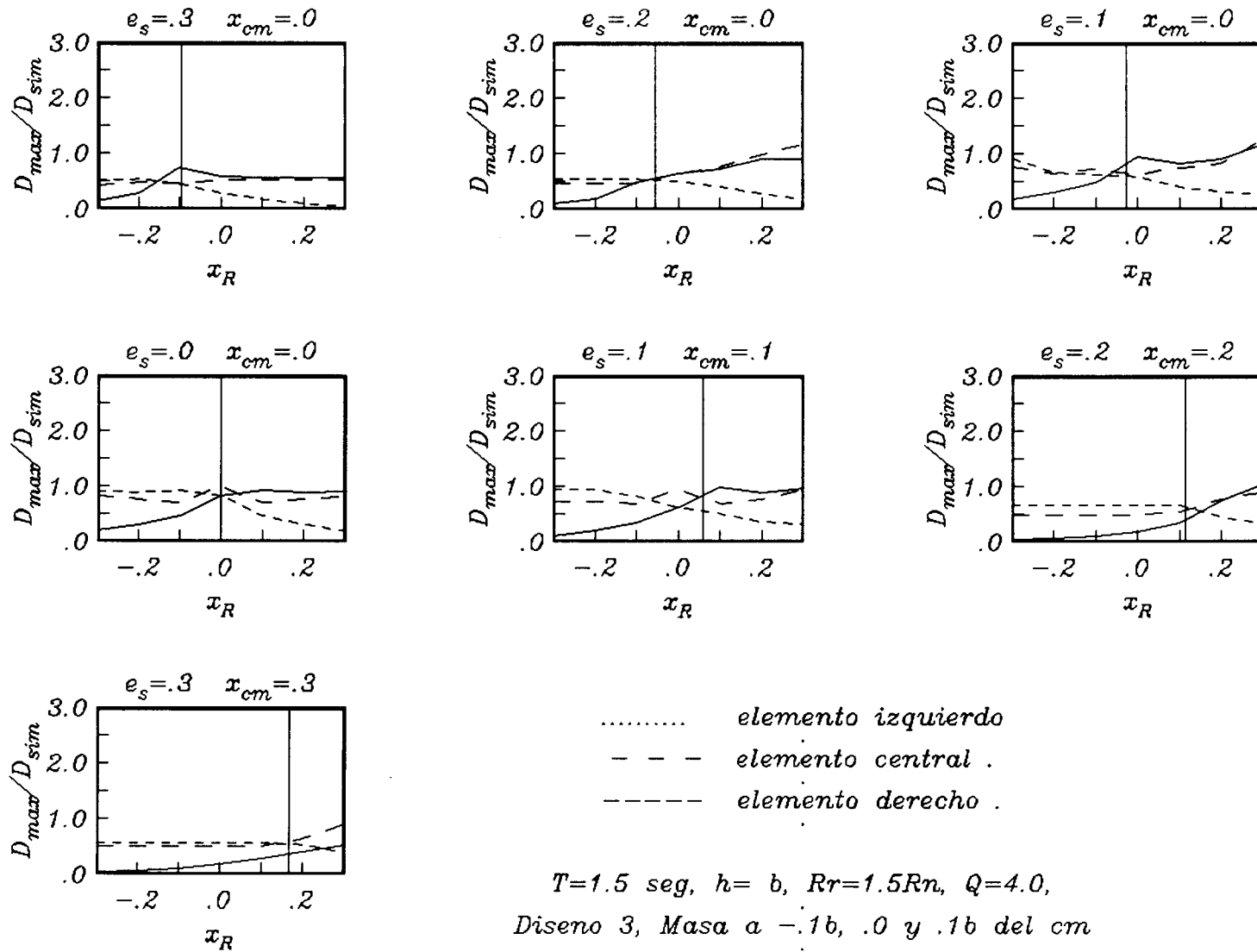


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

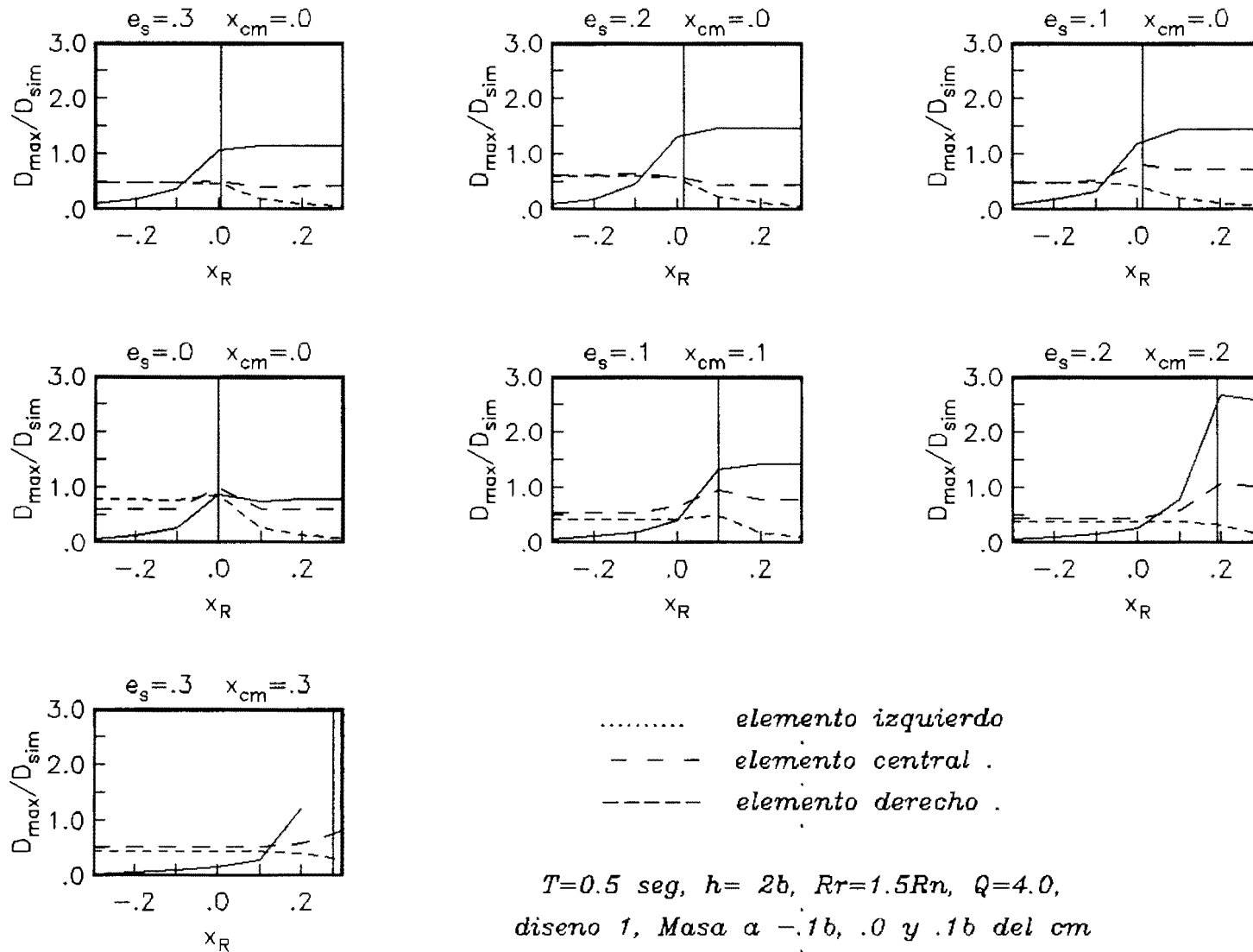


Figura . Envolventes de Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

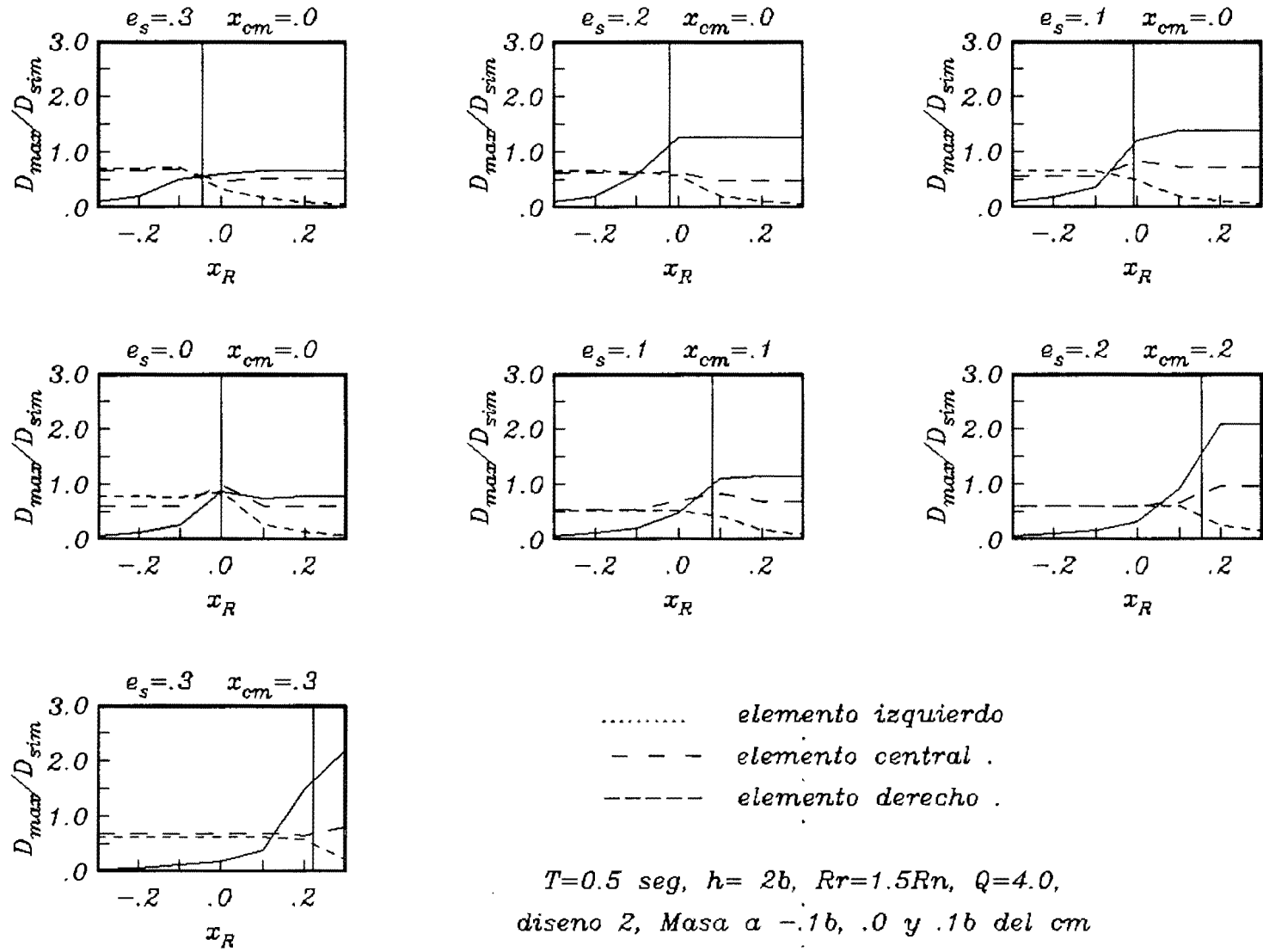


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

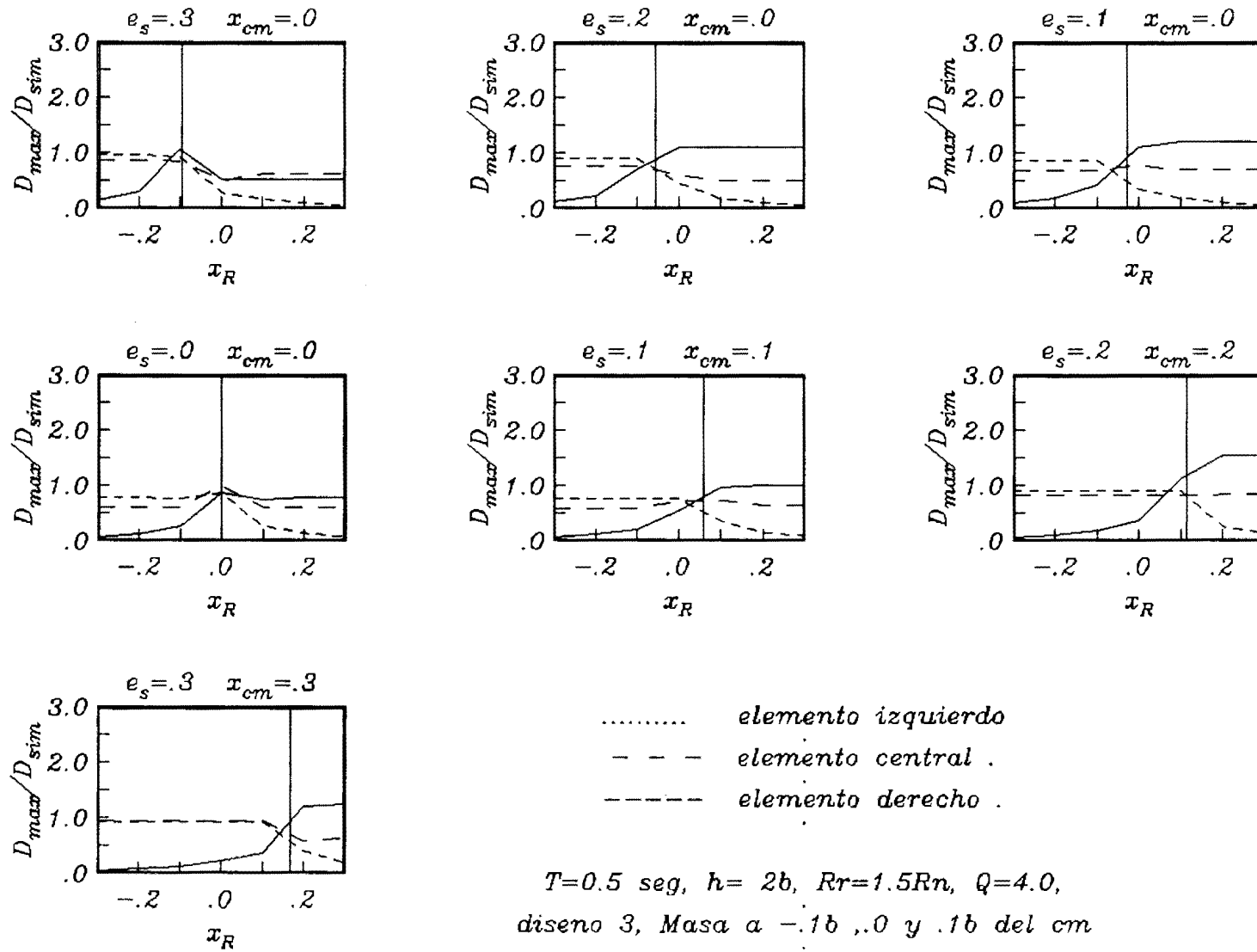


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximadas vs. Distribucion de Resistencias

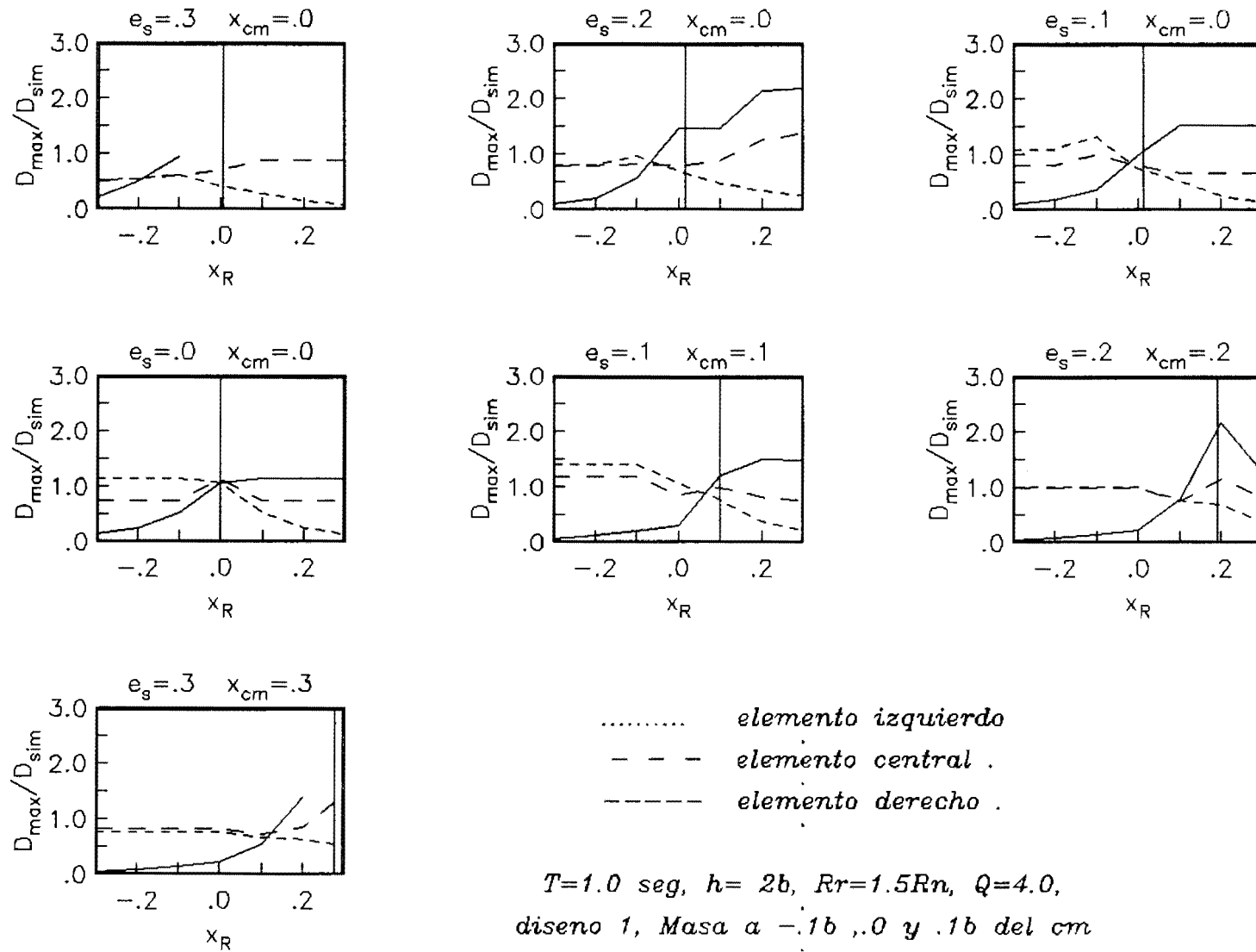


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

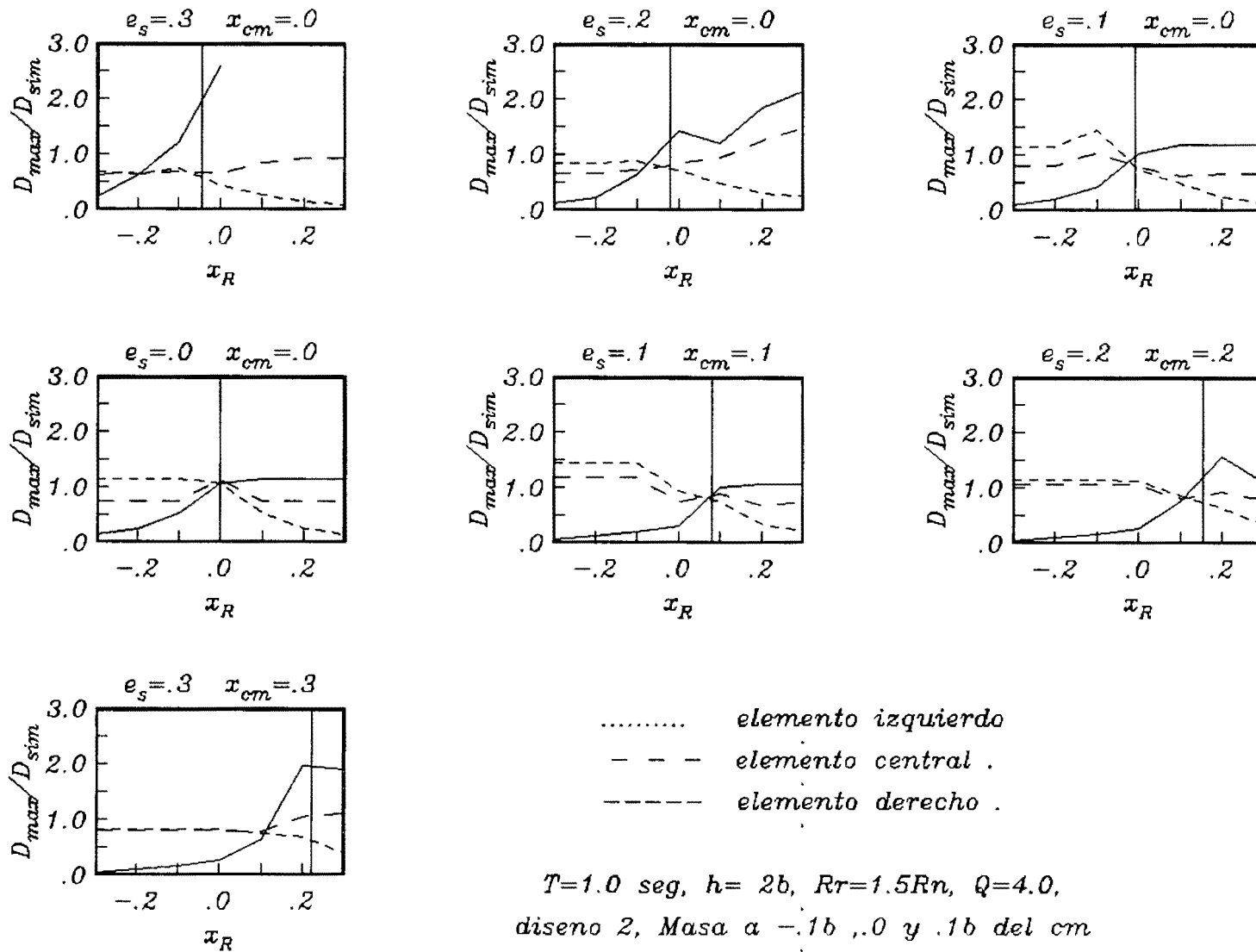


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

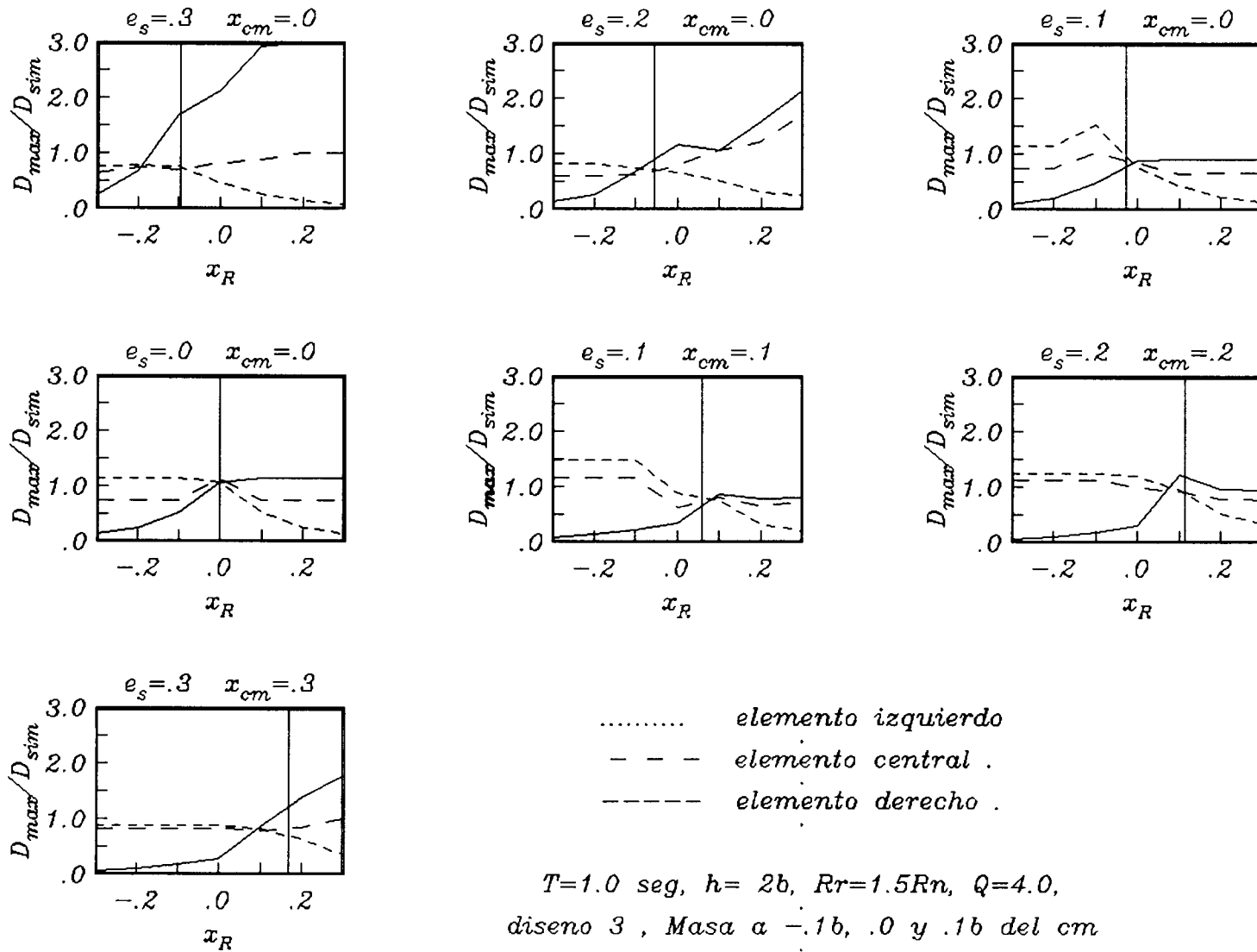


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

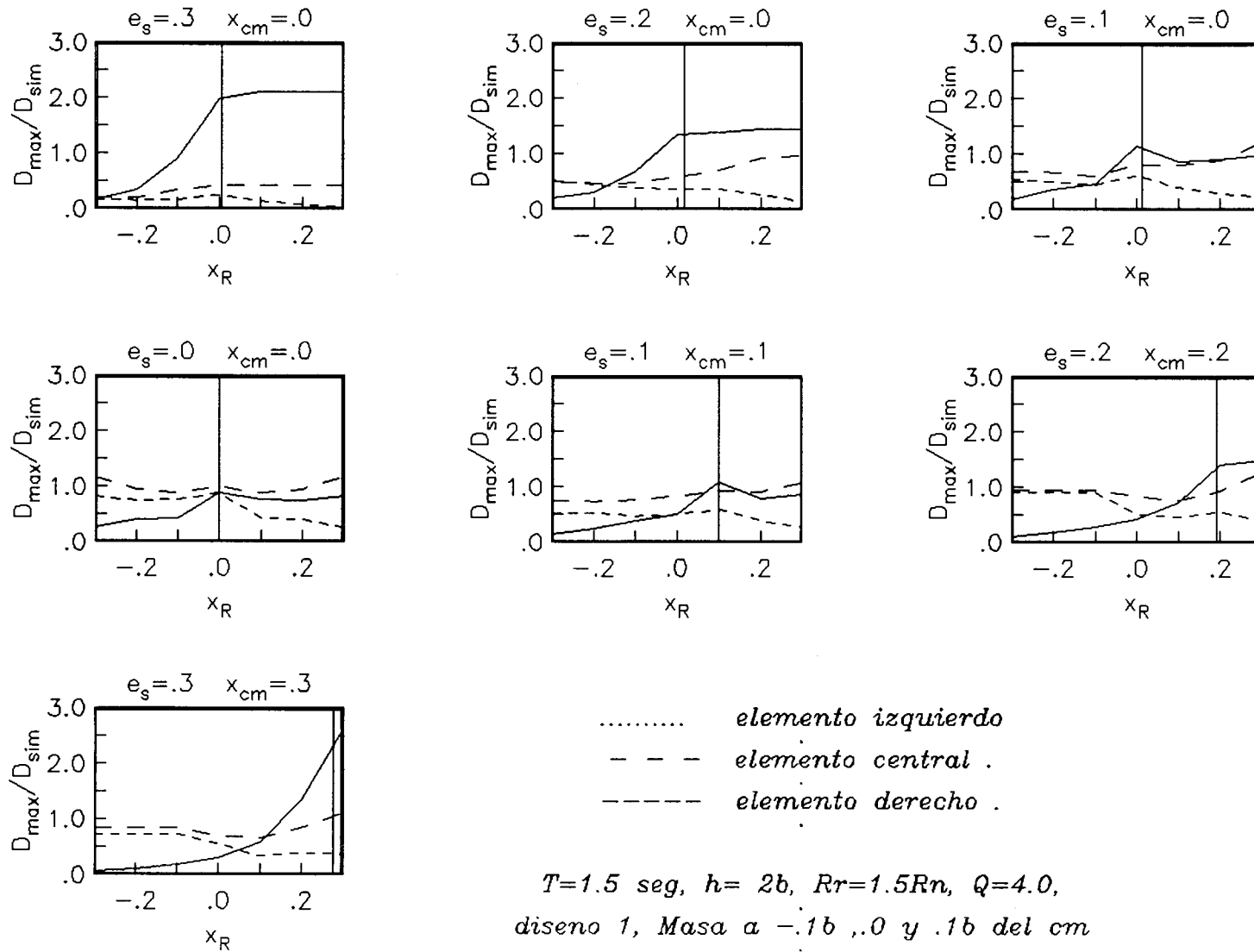


Figura . Envoltentes de Relacion de Ductilidades Maximas .vs. Distribucion de Resistencias

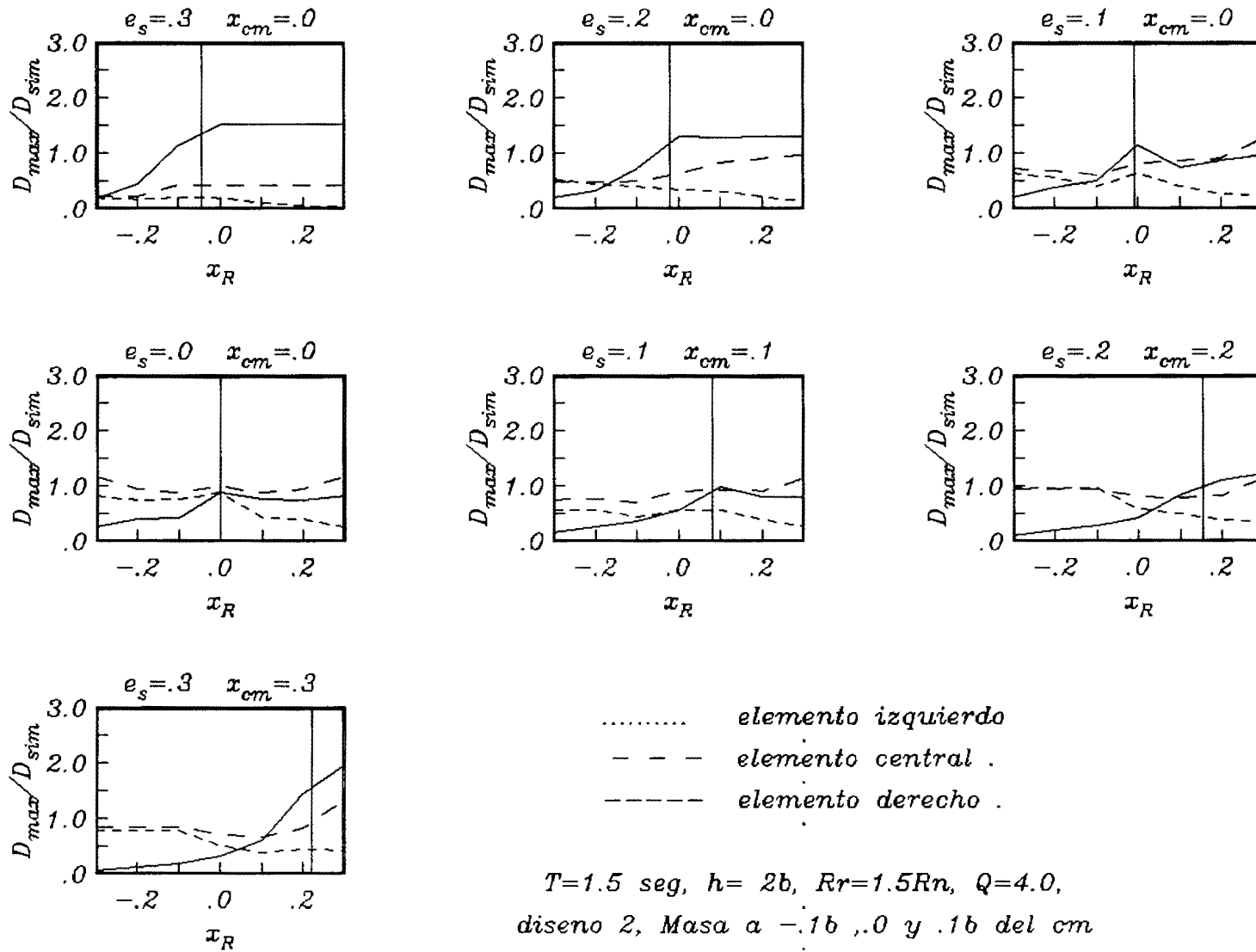


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximas vs. Distribucion de Resistencias

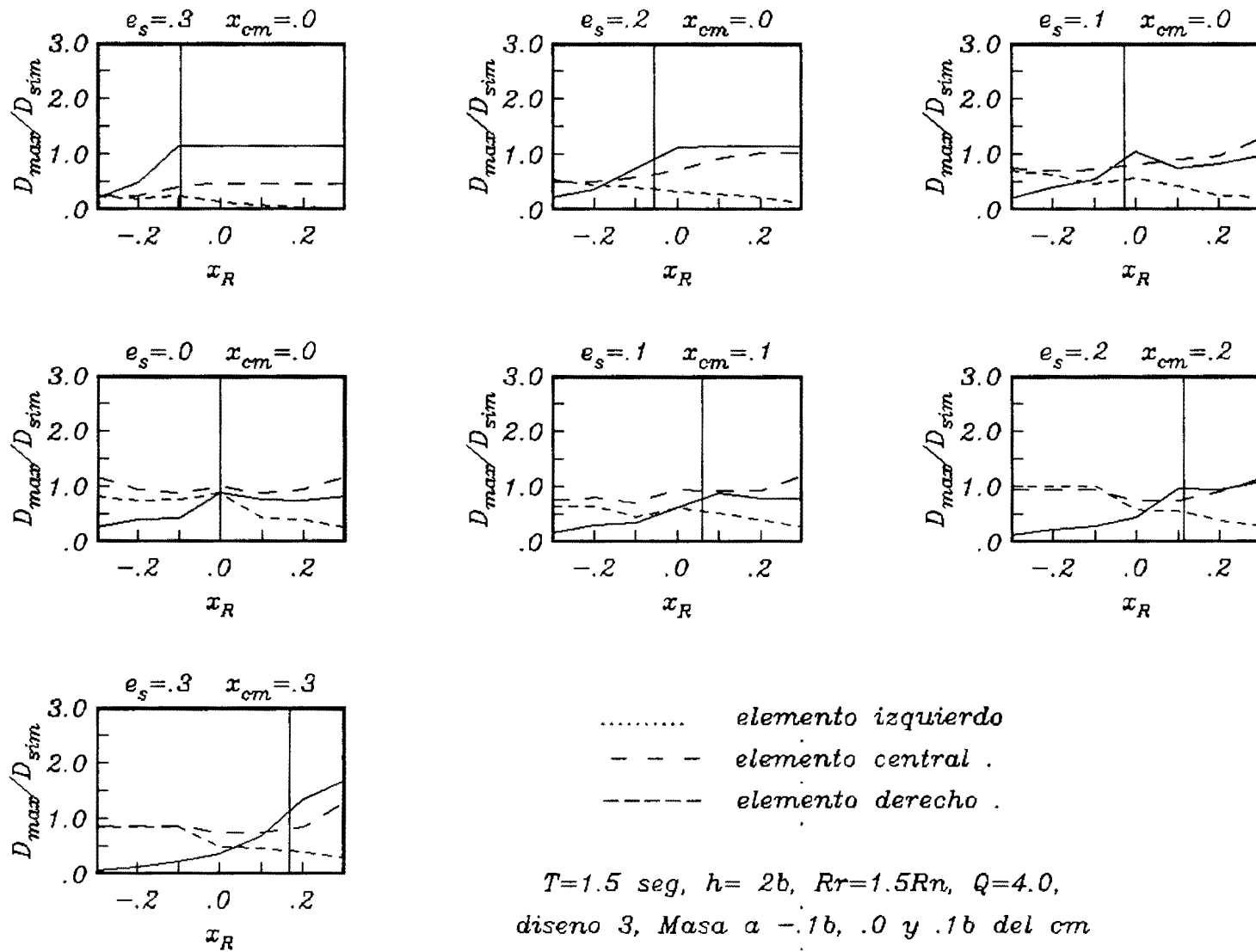


Figura . Envolturas de Relacion de Ductilidades Maximias vs. Distribucion de Resistencias

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

EL PRINCIPAL OBJETO DE ESTA INVESTIGACIÓN, FUE EVALUAR EL CRITERIO DE DISEÑO SISMICO POR TORSION QUE PROPONE EL RDF-87, EVALUANDO LOS RESULTADOS CON LOS DOS CRITERIOS ADICIONALES PROPUESTOS, RESPECTO A LA DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA CORTANTE SISMICA. DENTRO DE ELLO TAMBIEN SE INTENTA OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DE ALGUNOS PARAMETROS QUE CARACTERIZAN LA RESPUESTA DE LAS ESTRUCTURAS.

LA DEMANDA MÁXIMA DE DUCTILIDAD DE LOS ELEMENTOS RESISTENTES, FUE EL PATRON CONSIDERADO PARA MEDIR LA RESPUESTA DE LA ESTRUCTURA, POR LO CUAL SE OBTUVIERON GRÁFICAS QUE RELACIONAN DICHAS DEMANDAS DE DUCTILIDAD CONTRA X_2 , DONDE X_2 SE DEFINE COMO LA DISTANCIA DE LA RESULTANTE DE LAS RESISTENCIAS, AL CENTRO GEOMETRICO DEL DIAFRAGMA. ASI MISMO SE OBTUVIERON GRÁFICAS DE ENVOLVENTES DE DUCTILIDAD CONTRA X_2 .

EN ESTAS GRÁFICAS, SE PUEDE OBSERVAR EL EFECTO QUE TIENE EL AUMENTAR LA RESISTENCIA DE UNO U OTRO ELEMENTO, SOBRE LAS DEMANDAS MÁXIMAS DE DUCTILIDAD. NOTESE QUE AL INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE UNO DE LOS ELEMENTOS EXTREMOS, MANTENIENDOSE CONSTANTES LOS OTROS DOS, PRODUCE UNA DISMINUCIÓN DE LAS DUCTILIDADES MÁXIMAS DEL PRIMERO, MIENTRAS QUE PARA EL OTRO ELEMENTO EXTREMO SE AUMENTAN. EL ELEMENTO CENTRAL PERMANECE CASI INVARIABLE.

EL AUMENTO EN LAS DEMANDAS DE DUCTILIDAD EN EL ELEMENTO EXTREMO CONSTANTE, ES CON UNA TENSIÓN RÁPIDA, PARA LUEGO HACER SU PENDIENTE MÁS SUAVE Y DECLINANDO EN UNA LÍNEA HORIZONTAL.

ESTE MISMO COMPORTAMIENTO SE OBSERVÓ EN LA INVESTIGACIÓN PRECEDENTE A ESTE ESTUDIO, SOBRE TORSIÓN INELÁSTICA, PARA UN MODELO DE DOS ELEMENTOS RESISTENTES PARALELOS A LA DIRECCIÓN DEL SISMO.

SE PUEDE OBSERVAR CLARAMENTE, QUE PARA CUANDO LAS RESISTENCIAS SON LAS DE DISEÑO (VALORES DE α CORRESPONDIENTES A LAS LÍNEAS VERTICALES), ES EL ELEMENTO MENOS RESISTENTE EL QUE PRESENTA MAYOR DEFORMA DE DUCTILIDAD. PARA EL DISEÑO EL ELEMENTO MENOS RESISTENTE ES EL IZQUIERDO. EN LOS OTROS DOS CRITERIOS, LA DISTRIBUCIÓN QUE SE HIZO DEL CORRIENTE POR TORSIÓN TRAJÓ CONSIGO UNA DISMINUCIÓN DE LAS DEFORMAS MÁXIMAS DE DUCTILIDAD DE LOS ELEMENTOS.

SI COMPARAMOS LOS RESULTADOS GRÁFICOS DEL MODELO DE 2 ELEMENTOS ANTES ESTUDIADO CON LOS OBTENIDOS POR NOSOTROS, EXISTEN ALGUNAS VARIANTES EN CUANTO AL MOMENTO EN QUE SE PRESENTA LA DEFORMA MÁXIMA DE DUCTILIDAD, PERO AL PARECER NO ES LA DISTRIBUCIÓN DE FEA SÍMILICA QUE PROPORCIONA EL ROP-87. LA QUE PROPORCIONA RESULTADOS MÁS FAVORABLES.

DE USAMOS DETALLADAMENTE LAS GRÁFICAS PARA NUESTRO CASO. ASÍ COMO SUS ENVOLVENTES, ES EVIDENTE QUE EL DISEÑO B, EN EL CUAL SE DISTRI-

BUYE LA SOBRESISTENCIA EN LOS ELEMENTOS POR TORSIÓN NEGATIVA, TIENE UN MEJOR COMPORTAMIENTO EN CUANTO A DEMANDAS MÁXIMAS DE DUCTILIDAD, QUE FUE EL PARÁMETRO PRINCIPAL PARA MEDIR LA RESPUESTA NO LINEAL DE LA ESTRUCTURA.

ESTE RESULTADO ES CONTRARIO A LO QUE SUGIERE EL RDF-87, YA QUE CUANDO LA ESTRUCTURA INCURSIONA EN EL INTERVALO INELÁSTICO (PARA UN FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO ALTO), EL COMPORTAMIENTO DE LA MISMA, ESTA INFLUENCIADO POR PARÁMETROS ADICIONALES A LOS DE UN MODELO ELÁSTICO LINEAL, EN EL CUAL SE BASA EL REGLAMENTO.

HASTA EL MOMENTO, DEL ESTUDIO REALIZADO ANTERIORMENTE PARA UN MODELO DE 2 ELEMENTOS Y AHORA CON ESTE MODELO DE 3, SE HA VISTO QUE EL DISEÑO 3 ES EL CRITERIO QUE MEJORES RESULTADOS PROPORCIONA. SIN EMBARGO, AUN NO ES SUFICIENTE PARA ESTABLECER ALGUN TIPO DE RECOMENDACIÓN O PROPUESTA, YA QUE LA SIMPLICIDAD ESTRUCTURAL DE LOS MODELOS NO HACE POSIBLE ESTO.

ACTUALMENTE SE TRABAJA EN MODELOS MAS ELABORADOS QUE PUEDAN CORROBORAR ESTA TENDENCIA ENCONTRADA, PERO AUN NO HAY ALGO SEGURO. LO QUE SI SE PUEDE DECIR, CASI CON CERTEZA, ES QUE EL CRITERIO DE DISTRIBUCIÓN POR TORSIÓN QUE PROPONE EL RDF-87 NO ES LA SOLUCIÓN MAS RECOMENDABLE.

F/DEPFI/11/1991/B



717703